



# PROJETO DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS. CASO DE ESTUDO DE UMA VIA RODOVIÁRIA EM ANGOLA

**JOANA CARINA ALVES FERREIRA**

Abril de 2020

# **PROJETO DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS. CASO DE ESTUDO DE UMA VIA RODOVIÁRIA EM ANGOLA**

JOANA CARINA ALVES FERREIRA

Projeto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE INFRAESTRUTURAS**

Orientador: Ângelo Manuel Gonçalves Jacob

**ABRIL DE 2020**



# ÍNDICE GERAL

Índice Geral .....	iii
Resumo.....	v
Abstract .....	vii
Agradecimentos .....	ix
Índice de Texto .....	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xxi
Abreviaturas .....	xxiii
CAPÍTULO 1    Introdução.....	1
CAPÍTULO 2    Estado da Arte.....	5
CAPÍTULO 3    Caracterização dos Órgãos de Drenagem .....	47
CAPÍTULO 4    Caso de Estudo.....	75
CAPÍTULO 5    Conclusão .....	103
Referências Bibliográficas .....	105
Anexos .....	109
Índice de Anexos .....	111
Anexo I – Cálculos Auxiliares .....	113
Anexo II – Peças de Desenhadas .....	117
Anexo III – Mapa de Trabalhos e Quantidades .....	127



## RESUMO

Dotar as populações de infraestruturas passa pela construção e reabilitação de vias de comunicação, permitindo o acesso a serviços e bens através da ligação de pontos estratégicos. A drenagem de águas pluviais assume um papel fundamental na manutenção da rodovia e nas estruturas adjacentes. No desenvolvimento deste projeto é apresentada uma solução de drenagem de águas pluviais de uma estrada em Angola, nomeadamente ao nível da definição, localização e dimensionamento de órgãos de drenagem e da articulação entre si.

Numa fase inicial lembraram-se conceitos adquiridos ao longo do percurso académico, nomeadamente Vias de Comunicação, Hidráulica Geral e Infraestruturas de Transportes. Posteriormente realizou-se a marcação das bacias hidrográficas e a determinação da extensão das linhas de água principais para se proceder ao dimensionamento dos órgãos de drenagem.

Para o desenvolvimento do projeto foram facultados elementos do traçado da via, nomeadamente o traçado em planta da via, perfis longitudinais e transversais, assim como o levantamento fotográfico do local. Dada a escassez de dados da zona em estudo, recorreu-se ao Google *Earth* para proceder à análise das bacias hidrográficas e linhas de água. O dimensionamento realizado tentou aproximar-se o máximo possível à realidade pluviométrica do local, zona de fortes chuvadas tropicais.

O presente documento inclui todos os elementos base que fundamentam o projeto de drenagem, nomeadamente peças desenhadas, justificação das opções tomadas, dimensionamento dos órgãos com recurso a folha de cálculo automático desenvolvida pela autora e mapa de trabalhos e quantidades.

Foram também produzidas peças desenhadas da especialidade de Hidráulica, como bacias, plantas, pentes longitudinais, cortes das passagens hidráulicas (PH's) e demais pormenores.

O projeto desenvolvido no âmbito do Mestrado em Engenharia Civil, permitiu desenvolver as competências necessárias na área dos projetos de drenagem de águas pluviais de rodovias.

**Palavras-chave:** drenagem; águas pluviais; rodovia; precipitação.



## **ABSTRACT**

Providing the populations with infrastructures requires the construction and rehabilitation of highways, allowing access to services and goods through the connection of strategic points. The rainwater drainage plays a key role in preservation of the road and the surrounding structures. In the development of this project, a rainwater drainage solution from a highway in Angola is presented, namely in terms of the definition, location and dimensioning of drainage organs and the articulation between them.

Initially we will remember concepts acquired throughout the academic course, namely "Vias de Comunicação", "Hidráulica Geral" and "Infraestruturas de Transportes". Subsequently, the marking of the hydrographic basins and the determination of the length of the main water line was carried out to proceed with the dimensioning of the drainage organs.

For the development of the project, elements of the track layout were provided, namely the track layout, longitudinal and transversal profiles and a photographic survey of the site. Given the scarcity of data for the area under study, Google Earth was used to analyze the hydrographic basins and water lines. The dimensioning tried to get as close as possible to the pluviometric reality of the place, an area of heavy tropical rains.

This document includes all the basic elements that support the drainage project, such as designed parts, justification of the options taken, dimensioning of the organs using the automatic spreadsheet developed by the author and a map of works and quantities.

Basins, plants, longitudinal sections, sections of hydraulic passages and other design details were produced.

This project developed within the scope of the Master in Civil Engineering, allowed the growth of the necessary skills to develop projects in the area of highway rainwater drainage.

**Keywords:** drainage; rainwater; highway; precipitation



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Engenheiro Ângelo Jacob pela disponibilidade, pelo apoio e pelo conhecimento transmitido ao longo deste percurso.

Quero agradecer à minha colega e amiga Patrícia Moura por todo o apoio ao longo deste trabalho.

Agradeço aos meus pais pelo apoio, carinho, por tornarem todo este caminho possível e por me terem facultado parte das ferramentas necessárias para ser o que sou hoje.

Um agradecimento especial ao Alexandre, meu marido, pelo apoio, compreensão e paciência ao longo desta jornada.

Por fim agradeço a mim mesma por não ter desistido e por ter tornado realidade mais um sonho.



# ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1	Introdução .....	1
1.1	Âmbito .....	1
1.2	Objetivos.....	1
1.3	Metodologia.....	2
1.4	Estrutura .....	2
CAPÍTULO 2	Estado da Arte .....	5
2.1	Enquadramento .....	5
2.2	Critérios Funcionais.....	6
2.2.1	Período de retorno .....	6
2.2.2	Velocidades de escoamento superficial .....	9
2.2.3	Distância mínima entre o nível da água e a plataforma.....	10
2.3	Variáveis de Estudo.....	11
2.3.1	Bacias hidrográficas.....	11
2.3.2	Rede hidrográfica .....	11
2.3.3	Precipitação .....	12
2.3.4	Tempo de concentração.....	13
2.3.5	Coeficiente de escoamento.....	14
2.4	Caudais de Projeto .....	15
2.4.1	Método Racional .....	15
2.4.2	Métodos baseados na determinação de hidrogramas de cheia .....	22
2.5	Drenagem Longitudinal.....	28
2.5.1	Introdução .....	28

## ÍNDICE DE TEXTO

2.5.2	Conceção.....	29
2.5.3	Condicionalismos .....	30
2.5.4	Critérios de dimensionamento .....	31
2.5.5	Dimensionamento de coletores e valetas .....	34
2.5.6	Dimensionamento de sumidouros .....	35
2.6	Drenagem Transversal .....	36
2.6.1	Introdução .....	36
2.6.2	Conceção.....	36
2.6.3	Localização em planta e perfil .....	37
2.6.4	Condições de escoamento.....	39
2.6.5	Critérios de dimensionamento .....	41
2.6.6	Dimensionamento de passagens hidráulicas.....	41
2.6.7	Perdas de carga contínuas e localizadas.....	42
2.7	Drenagem Profunda .....	44
2.7.1	Introdução .....	44
2.7.2	Conceção.....	44
2.7.3	Condicionalismos.....	46
CAPÍTULO 3	Caracterização dos Órgãos de Drenagem .....	47
3.1	Introdução.....	47
3.2	Materiais Utilizados .....	47
3.3	Tipos de Órgãos de Drenagem.....	48
3.3.1	Longitudinais.....	48
3.3.2	Transversais .....	53
3.3.3	Profundos.....	56
3.3.4	Outros órgãos de drenagem .....	67
3.4	Considerações .....	73
CAPÍTULO 4	Caso de Estudo .....	75

4.1	Enquadramento do Projeto .....	75
4.2	Localização .....	77
4.3	Compilação e recolha de informação .....	79
4.4	Drenagem Transversal .....	83
4.4.1	Caracterização das bacias hidrográficas .....	83
4.4.2	Cálculo de caudais de ponta .....	84
4.4.3	Análise de traçado geométrico.....	87
4.4.4	Dimensionamento hidráulico .....	89
4.5	Drenagem Longitudinal.....	95
4.5.1	Áreas de influência .....	95
4.5.2	Caudal de cálculo.....	95
4.5.3	Dimensionamento hidráulico .....	97
4.6	Peças Desenhadas.....	100
4.7	Critérios de Execução e Medição.....	101
CAPÍTULO 5	Conclusão .....	103
5.1	Considerações Finais.....	103
5.2	Desenvolvimentos Futuros .....	104



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Custo total em função do caudal de projeto (IEP, 2001).....	6
Figura 2.2 – Distância entre o nível da água e da plataforma (IEP, 2001) .....	10
Figura 2.3 – Esquema representativo da área de uma bacia hidrográfica (Pena, 2020) .....	11
Figura 2.4 – Vista aérea de um rio e parte da sua bacia hidrográfica (Pena, 2020).....	11
Figura 2.5 – Precipitação acumulada anual em Portugal (IPMA, 2020).....	12
Figura 2.6 – Precipitação acumulada anual Angola (USGS, 2020) .....	13
Figura 2.7 – Regiões pluviométricas e parâmetros a e b das curvas I-D-F.....	16
Figura 2.8 – Princípios básicos do hidrograma unitário (Ramos, 2006).....	23
Figura 2.9 – Esquema de órgãos de drenagem longitudinal.....	29
Figura 2.10 – Valeta lateral de plataforma (Jacob, 2018) .....	34
Figura 2.11 – Sumidouro junto a lancil em meio urbano (Neves, 2020).....	35
Figura 2.12 – Retificação de curso de água para localização de travessia hidráulica .....	37
Figura 2.13 – Configurações de localização relativas a passagem hidráulica – curso de água .....	37
Figura 2.14 – Esquema de soluções tipo para a redução da inclinação longitudinal.....	38
Figura 2.15 – Esquema de solução tipo para pequenas inclinações do curso de água.....	38
Figura 2.16 – Escoamento com controlo a montante .....	40
Figura 2.17 – Escoamento com controlo a jusante .....	40
Figura 2.18 – Esquema elucidativo de dreno profundo num pavimento rodoviário.....	44
Figura 2.19 – Esquema tipo de dreno com coletor .....	45
Figura 3.1 – Valeta de plataforma lateral de secção triangular revestida a betão (Neves, 2020) .....	48
Figura 3.2 – Esquema de valeta de plataforma lateral de secção triangular ou trapezoidal revestida com betão, com abertura $\leq 1,20\text{m}$ (IEP, 2001) .....	49

Figura 3.3 – Valeta de bordadura em aterro (Neves, 2020).....	49
Figura 3.4 – Esquema de valeta de bordadura de secção semicircular revestida com betão (IEP, 2001) .	49
Figura 3.5 – Valeta de banquetta semi-circular revestida com betão (Jacob, 2018) .....	50
Figura 3.6 – Esquema de valeta de banquetta semi-circular revestida com betão (IEP, 2001) .....	50
Figura 3.7 – Vala crista semi-circular revestida com betão (Nortejuvil Sociedade de Construção, 2020).	51
Figura 3.8 – Esquema de valeta de crista semi-circular revestida com betão (IEP, 2001).....	51
Figura 3.9 – Esquema de vala pé de talude não revestida (IEP, 2001).....	52
Figura 3.10 – Descida de talude semi-circular em betão (Neves, 2020) .....	52
Figura 3.11 – Planta, corte e secção tipo de descidas de talude semi-circular em betão (IEP, 2001) .....	53
Figura 3.12 – Montagem de <i>box-culvert</i> (Motaengil, 2020).....	53
Figura 3.13 – Passagem hidráulica simples do tipo <i>box-culvert</i> (Santos, 2018).....	53
Figura 3.14 – Passagem hidráulica simples em tubo pré-fabricado de betão (Sousa, 2016).....	54
Figura 3.15 – Passagem hidráulica tripla em ARMCO (Jacob, 2018) .....	54
Figura 3.16 – Passagem hidráulica dupla do tipo <i>box-culvert</i> (Santos, 2018).....	54
Figura 3.17 – Planta de passagem hidráulica simples de secção circular (IEP, 2001) .....	55
Figura 3.18 – Alçado de passagem hidráulica simples de secção circular (IEP, 2001) .....	55
Figura 3.19 – Corte Longitudinal de passagem hidráulica simples de secção circular (IEP, 2001).....	55
Figura 3.20 – Esquema de dreno simples de rebaixamento de nível freático, com altura $\leq 1,20\text{m}$ (IEP, 2001) .....	56
Figura 3.21 – Execução de dreno de rebaixamento (Jacob, 2018).....	57
Figura 3.22 – Esquema de dreno de interceção longitudinal, com altura $\leq 1,20\text{m}$ (IEP, 2001) .....	58
Figura 3.23 – Dreno de interceção longitudinal (Neves, 2020).....	58
Figura 3.24 – Pormenor do ecrã drenante (IEP, 2001).....	59
Figura 3.25 – Esquema de ecrã drenante em material granular envolvido em geotêxtil (IEP, 2001).....	59
Figura 3.26 – Esquema de dreno de interceção transversal (IEP, 2001).....	60
Figura 3.27 – Pormenor tipo de dreno de interceção transversal (IEP, 2001) .....	60
Figura 3.28 – Máscara drenante (Neves, 2020) .....	60

Figura 3.29 –Esporão drenante intercalado em máscara drenante (Jacob, 2018) .....	61
Figura 3.30 – Bacia de dissipação em enrocamento de pedra (FEMA, 2010).....	61
Figura 3.31 - Planta de bacia de dissipação em enrocamento (IEP, 2001) .....	62
Figura 3.32 – Alçado de bacia de dissipação em enrocamento (IEP, 2001).....	62
Figura 3.33 – Esquema de bacia de dissipação em enrocamento (IEP, 2001) .....	62
Figura 3.34 – Bacia de dissipação em enrocamento de pedra argamassada (FEMA, 2010).....	63
Figura 3.35 – Bacia de dissipação PWD (FEMA, 2010) .....	63
Figura 3.36 – Alçado de bacia de dissipação tipo PWD (adaptado de Pinheiro, 2006).....	64
Figura 3.37 – Planta de bacia de dissipação tipo PWD (adaptado de Pinheiro, 2006) .....	64
Figura 3.38 – Corte de bacia de dissipação tipo PWD (adaptado de Pinheiro, 2006).....	64
Figura 3.39 – Alçado de bacia de dissipação tipo WES (adaptado de Pinheiro, 2006) .....	65
Figura 3.40 – Planta de bacia de dissipação tipo WES. (adaptado de Pinheiro, 2006) .....	65
Figura 3.41 – Corte de bacia de dissipação tipo WES (adaptado de Pinheiro, 2006) .....	65
Figura 3.42 – Bacia de dissipação tipo “Contra-Costa” (Jacob, 2018).....	66
Figura 3.43 – Planta de bacia tipo “Contra-Costa” .....	66
Figura 3.44 – Corte A-A .....	66
Figura 3.45 – Corte B-B.....	67
Figura 3.46 – Sumidouro .....	68
Figura 3.47 – Sarjeta.....	68
Figura 3.48 – Planta de sumidouro .....	68
Figura 3.49 – Corte de sumidouro.....	68
Figura 3.50 – Pormenor tipo de sumidouro com lancil.....	68
Figura 3.51 – Módulo de caleira contínua com rasgo em betão (A Cimenteira do Louro, 2020) .....	69
Figura 3.52 – Caleira/sumidouro com rasgo contínuo junto a separador central (Neves, 2020).....	69
Figura 3.53 – Esquema de caleira/sumidouro em betão com rasgo superior contínuo e coletor incorporado (IEP, 2001) .....	70
Figura 3.54 – Instalação de tubagem em vala quando recobrimento $\geq 1,5 \varnothing$ (IEP, 2001).....	70

Figura 3.55 – Planta de caixa de visita de secção circular (IEP, 2001).....	71
Figura 3.56 – Corte de caixa de visita de secção circular (IEP, 2001).....	71
Figura 3.57 – Corte de caixa de visita de secção circular (IEP, 2001).....	71
Figura 3.58 – Planta de caixa de visita de secção retangular, $\Phi_{insc} \leq 1,20$ (IEP, 2001).....	72
Figura 3.59 –Corte A-A da caixa de visita de secção retangular (IEP, 2001).....	72
Figura 4.1 – Mapa de Angola – delimitação da província de Kwanza-Norte.....	75
Figura 4.2 – Identificação dos troços e parte objeto do presente de estudo.....	76
Figura 4.3 – Quindange.....	78
Figura 4.4 – Quipata.....	78
Figura 4.5 – Quimbole.....	78
Figura 4.6 – Capele.....	78
Figura 4.7 – Cariamba.....	78
Figura 4.8 – Bonzo.....	78
Figura 4.9 – Zala.....	78
Figura 4.10 – Quimeia.....	78
Figura 4.11 – Troço em terra batida com irregularidades e invasão de vegetação.....	79
Figura 4.12 – Troço em terra batida com irregularidades e invasão de vegetação.....	79
Figura 4.13 – Troço em terra batida com irregularidades e invasão de vegetação.....	79
Figura 4.14 – Troço em terra batida marcas de escorrência de drenagem pluvial e invasão de vegetação.....	79
Figura 4.15 – Troço em betuminoso com peladas.....	80
Figura 4.16 – Troço em betuminoso com peladas e fissuras.....	80
Figura 4.17 – Mau estado de taludes devido a inclinação acentuada e falta de proteção.....	80
Figura 4.18 – Troço em terra batida com irregularidades.....	80
Figura 4.19 – PH retangular.....	82
Figura 4.20 – PH de secção circular em betão.....	82
Figura 4.21 – PH de secção circular em betão.....	82

Figura 4.22 – PH de secção circular ARMCO .....	82
Figura 4.23 – Pontão metálico.....	82
Figura 4.24 – Pontão em betão .....	82
Figura 4.25 – Delimitação de bacias hidrográficas e marcação de linhas de água .....	83
Figura 4.26 – Gráfico das curvas de possibilidade udométrica construídas por Azevedo para Luanda (Rodrigues, 2014).....	85
Figura 4.27 – Excerto de traçado em planta do troço 1 (km's 43+975 a 45+600) .....	87
Figura 4.28 – Excerto de perfil longitudinal (km's 44+125 a 45+350).....	88
Figura 4.29 – Perfil transversal tipo geral em reta.....	88
Figura 4.30 – Perfil transversal tipo geral em curva.....	89
Figura 4.31 – Passagem hidráulica com secção retangular de betão, tipo <i>box-culvert</i> (FARCIMAR, 2020).....	89
Figura 4.32 – Passagem hidráulica com secção retangular circular, (FARCIMAR, 2020) .....	89
Figura 4.33 – Passagem hidráulica do tipo ARMCO (Victor Santiago, 2018) .....	90
Figura 4.34 – Tubagem de PP SN8 para passagens hidráulicas (FERSIL, 2020).....	90
Figura 4.35 – Perfil transversal da PH3 com secção circular de betão e rachão argamassado .....	93
Figura 4.36 – Perfil transversal da PH5 com secção tipo <i>box-culvert</i> e rachão argamassado. ....	93
Figura 4.37 – Detalhe de boca simples de aterro para passagem hidráulica em betão argamassado .....	94
Figura 4.38 – Corte 1 relativo à boca simples de aterro para passagem hidráulica em betão argamassado .....	94
Figura 4.39 – Consideração sobre coeficiente $C$ em plataforma e talude (Agronomia, 2020).....	95
Figura 4.40 – Pormenor tipo de valeta de plataforma lateral de secção triangular, revestida com betão (IEP, 2001) .....	97
Figura 4.41 – Pormenor tipo de valetas de bordadura em aterro de secção semi-circular, revestidas em betão (IEP, 2001).....	97
Figura 4.42 – Pormenor tipo de valas de crista de secção semi-circular, revestidas com betão (IEP, 2001) .....	98
Figura 4.43 – Pormenor tipo de valas pé de talude de secção semi-circular, revistas com betão (IEP, 2001) .....	98



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Período de retorno ( $T$ ) mínimo a adotar em dispositivos de drenagem longitudinal .....	7
Tabela 2.2 – Período de retorno ( $T$ ) mínimo a adotar nas passagens hidráulicas.....	8
Tabela 2.3 – Parâmetro P1 (IEP, 2001).....	8
Tabela 2.4 – Parâmetro P2 (IEP, 2001).....	8
Tabela 2.5 – Parâmetro P3 (IEP, 2001).....	9
Tabela 2.6 – Velocidades máximas de escoamento superficial .....	9
Tabela 2.7 – Distâncias mínimas entre o nível da água e plataforma.....	10
Tabela 2.8 – Velocidades médias aproximadas de escoamento superficial (m/s).....	19
Tabela 2.9 – Valores de $ks$ para a expressão de Manning-Strickler .....	19
Tabela 2.10 – Valores médios do coeficiente de escoamento para utilização na expressão racional .....	20
Tabela 2.11 – Classificação hidrológica dos solos segundo o modelo SCS.....	21
Tabela 2.12 – Valores médios do coeficiente de escoamento para utilização na expressão racional .....	21
Tabela 2.13 – Valores de $K$ .....	22
Tabela 2.14 – Valores de $CN$ para regiões urbanas e suburbanas .....	24
Tabela 2.15 – Valores de $CN$ para regiões rurais.....	25
Tabela 2.16 – Valores médios do coeficiente $C$ a utilizar no método racional – Áreas urbanas.....	32
Tabela 2.17 – Valores do coeficiente $C$ em áreas agrícolas .....	33
Tabela 4.1 - Resumo de ensaios dos solos ao longo dos troços.....	81
Tabela 4.2 - Classificação de solos AASHTO .....	81
Tabela 4.3 – Valores obtidos através da delimitação das bacias hidrográficas .....	84
Tabela 4.4 – Determinação do caudal de ponta para a bacia B1 pelo SCS .....	86
Tabela 4.5 – Determinação do caudal afluente para as bacias B2 a B6 pelo Método Racional .....	86

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.6 – Determinação de diâmetros para secções circulares .....	91
Tabela 4.7 – Determinação de caudal de vazão e velocidade para secções circulares.....	91
Tabela 4.8 – Secções tipo <i>box-culvert</i> .....	91
Tabela 4.9 – Determinação de caudal de vazão e velocidade para secções tipo <i>box-culvert</i> .....	92
Tabela 4.10 – Resultados de cálculos auxiliares hidráulicos .....	92
Tabela 4.11 – Cálculo do caudal afluyente $Qa$ .....	96
Tabela 4.12 – Verificações e determinação da velocidade de escoamento $U$ .....	99
Tabela 4.13 – Índice de peças desenhadas do Projeto de Drenagem.....	100

## ABREVIATURAS

ARMCO – Tipo de tubagem em aço corrugado;

A – Área da bacia;

a – Parâmetro da curva I-D-F em função da região;

$A_{\text{plataforma}}$  – Área da plataforma;

$A_{\text{talude}}$  – Área do talude;

AASHTO – *The American Association of State Highway Transportation Officials*;

$A_b$  – Área da bacia hidrográfica;

b – Parâmetro da curva I-D-F em função da região;

C – Coeficiente de escoamento;

C.MAX – Cota máxima;

C.MIN – Cota mínima;

$C_{\text{médio}}$  – Coeficiente de escoamento médio;

CETO – Caderno de Encargos Tipo Obras da Infraestruturas de Portugal;

CN – Número de escoamento;

D – Diâmetro da secção;

$D_{\text{teórico comercial}}$  – Diâmetro teórico comercial;

$D_{\text{teórico}}$  – Diâmetro teórico;

DIPRE – Unidade Curricular de Dissertação / Projeto / Estágio;

$\varepsilon$  – Rugosidade absoluta das perdas na conduta;

f – Coeficiente de resistência;

g – Aceleração da gravidade;

H – Desnível altimétrico entre os pontos mais alto e mais baixo;

## ABREVIATURAS

- $h_1$  – Distância mínima em dispositivos longitudinais;
- $h_2$  – Distância mínima em passagens hidráulicas;
- $i$  – Inclinação;
- $I$  – Intensidade de precipitação;
- IC's – Itinerários complementares;
- I-D-F – Intensidade-Duração-Precipitação;
- IEP – Instituto da Estradas de Portugal;
- INEA – Instituto Nacional de Estradas de Angola;
- INAG – Instituto da Água;
- IP's – Itinerários principais;
- IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera;
- ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto;
- $J$  – Declive médio;
- $K$  – Fator corretivo;
- $K_s$  – Coeficiente de rugosidade de Strickler;
- $L$  – Comprimento;
- L.A. – Comprimento da linha de água;
- $n$  – Coeficiente de rugosidade;
- $P$  – Precipitação ocorrida desde o início da chuvada;
- $P_u$  – Precipitação útil;
- PH – Passagem hidráulica;
- PP – Polipropileno;
- PVC – Policloreto de vinil;
- PWD – Tipo de bacia de dissipação *Public Works Department of Australia*;
- $Q(T)$  – Caudal associado ao período de retorno;
- $Q_a$  – Caudal afluente;
- $Q_v$  – Caudal de vazão;

$Q_p$  – Caudal de ponta de cheia;

$R_H$  – Raio hidráulico;

$Re$  – Número de Reynolds;

RGSPDADAR – Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais;

$S$  – Capacidade máxima de retenção;

$S_m$  – Superfície molhada da secção;

SCS – *Soil Conservation Service*;

$T$  – Período de retorno;

$t_{c\text{ méd}}$  – Tempo de concentração médio;

$t_{c\text{ min}}$  – Tempo de concentração mínimo;

$t_0$  – Tempo das perdas iniciais;

$t_c$  – Tempo de concentração;

$t_j$  – Tempo de atraso da bacia;

$t_j$  – Tempo de atraso da bacia;

$t_p$  – Tempo de percurso;

TMDA – Tráfego médio diário anual;

$U$  – Velocidade média do escoamento;

USGS – *United States Geological Survey*;

$V$  – Velocidade de escoamento;

VBd, VBde – Valeta de bordadura direita (d), esquerda (e);

Vd, Ve – Valeta de plataforma direita (d), esquerda (e);

Vpd, Vpe – Vala pé de talude direita (d) esquerda (e);

WES – Bacia de dissipação *Waterways Experiment Station – United States Army Corps of Engineers*;

$y$  – Altura da lâmina de água;

$\theta$  – Ângulo ao centro;

$\Delta h$  – Diferença de cotas entre as extremidades da linha de água principal.



# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 ÂMBITO

O presente documento foi realizado no âmbito da Unidade Curricular de Dissertação / Projeto / Estágio (DIPRE), do 2º semestre do 2º ano, para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, ramo de Infraestruturas, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

As vias de comunicação sempre foram elementos fundamentais para o desenvolvimento da sociedade, permitindo a circulação de pessoas e bens, facilitando e melhorando a vida das populações. São um veículo de desenvolvimento económico de uma região e têm um grande impacto na economia mundial.

O tema “Projeto de Drenagem de Águas Pluviais. Caso de Estudo de uma Via Rodoviária em Angola” do presente documento, pretende apresentar os métodos de cálculo utilizados para o dimensionamento dos órgãos de drenagem de uma via rodoviária, bem como os diferentes tipos de órgãos possíveis de instalar, aplicando este conhecimento a um caso concreto de reabilitação de uma via rodoviária em Angola.

Os troços em estudo têm uma extensão total de 4725m e estão compreendidos entre as localidades Samba Cajú-Banga e Banga-Quiculungo, na província do Kwanza-Norte, em Angola. Serão estudados dois troços, sendo que troço 1 (km 43+275 até ao km 45+700) se refere à EC316 Samba Caju/Banga e o troço 2 refere-se à EC122 Banga/Quiculungo (km 0+300 até ao km 2+600).

### 1.2 OBJETIVOS

Pretende-se que a autora adquira competências e conhecimentos para elaboração de projetos na área da drenagem de vias rodoviárias, aplicando os conceitos adquiridos no seu percurso académico e profissional, nomeadamente os diretamente ligados com as Infraestruturas Hidráulicas e as Vias de Comunicação.

O objetivo principal deste trabalho é apresentar um projeto de execução de drenagem de águas pluviais de um trecho de uma via rodoviária em Angola, composto por cálculos justificativos, peças desenhadas e mapa de medições.

### **1.3 METODOLOGIA**

Através das competências adquiridas a autora deverá analisar elementos fornecidos, de modo a idealizar uma solução de drenagem capaz de satisfazer as necessidades da resolução do projeto, apresentando os cálculos justificativos das opções tomadas e as respetivas peças desenhadas.

A autora vai recolher informação do traçado da via com base nas plantas e perfis transversais e longitudinais fornecidos, e com base em cartas militares, imagens aéreas e fotografias do local vai analisar as condições hidrológicas do local, nomeadamente a nível de bacias e linhas de água. Com recurso a dados udométricos vai dimensionar os órgãos de drenagem e produzir as peças desenhadas que apoiam este projeto.

Pretende conceber-se uma solução de drenagem que vise os seguintes objetivos:

- Analisar os elementos de traçado fornecidos, nomeadamente traçado em planta, perfis longitudinais e transversais da estrada;
- Identificação de linhas de água;
- Delimitação de bacias hidrográficas com recurso a software e reconhecimentos fotográficos fornecidos;
- Análise de imagens aéreas e cartas militares anteriores a 1974;
- Aproximação dos parâmetros udográficos ao local em estudo;
- Quantificação de caudais;
- Dimensionamento de órgãos de drenagem transversais e longitudinais;
- Representação de peças desenhadas.

### **1.4 ESTRUTURA**

O presente documento desenvolvido no âmbito da unidade curricular de DIPRE, visa descrever o projeto desenvolvido e encontra-se dividido em cinco capítulos.

No Capítulo 1 é apresentada uma breve introdução sobre o âmbito, os objetivos, a metodologia aplicada e a apresentada a estrutura do documento.

O Capítulo 2 contempla o estado de arte, onde se apresentam as noções fundamentais dos tipos de drenagem e os métodos de dimensionamento.

O Capítulo 3 inclui os tipos de órgãos de drenagem mais comuns com pormenores esquemáticos elucidativos.

O Capítulo 4 apresenta o caso de estudo da Via Rodoviária em Angola objeto de estudo. Neste capítulo pretende-se que sejam apresentados os passos fundamentais do dimensionamento e escolha dos tipos de órgãos de drenagem.

Por fim, no Capítulo 5 são apresentadas as considerações retiradas ao longo deste documento e apresentam-se os desenvolvimentos futuros do projeto.

São ainda apresentados três anexos, onde se incluem os Cálculos Auxiliares que apoiaram o dimensionamento dos órgãos de drenagem, as Peças Desenhadas, nomeadamente esboço corográfico, planta geral das bacias hidrográficas, planta e perfil longitudinal de drenagem, cortes transversais das passagens hidráulicas e pormenores, e o Mapa de Trabalhos e Quantidade com base no Caderno de Encargos Tipo Obra (CETO).



## CAPÍTULO 2

### ESTADO DA ARTE

#### 2.1 ENQUADRAMENTO

A água representa o principal agente para a degradação das infraestruturas rodoviárias, causando danos e prejuízos devido ao incorreto funcionamento do sistema de drenagem superficial. O mau funcionamento do sistema pode provocar danos nos próprios dispositivos ou nas suas imediações, interrupções de trânsito na via e danos a terceiros por inundação de áreas circundantes. Assim, é fundamental o correto dimensionamento, construção, utilização e manutenção das vias rodoviárias de modo a garantir um sistema de drenagem de águas pluviais operacional em permanência.

O sistema de drenagem deve garantir a rápida eliminação da água que cai na plataforma e evitar o excesso da água armazenada nas bacias hidrográficas, sendo imprescindível para o bom funcionamento das vias rodoviárias e para assegurar condições de segurança para circulação de veículos sob condições adversas de pluviosidade.

O traçado da via e a escolha dos dispositivos de drenagem devem ter em consideração a exequibilidade das soluções e a facilidade de execução, bem como os custos de construção e exploração ao longo da vida útil.

Os dispositivos de drenagem devem ser, sempre que possível, a céu aberto (não enterrados) pois os custos de investimento e de manutenção são inferiores, quando comparados aos sistemas enterrados, e devem ser previstos pontos de eliminação de água da plataforma para o terreno, de modo a diminuir o caudal de escoamento superficial.

De forma genérica podem identificar-se três tipos de drenagem de águas pluviais numa rodovia, a longitudinal, a transversal e a subterrânea. Para o correto funcionamento da rede de drenagem de uma via rodoviária é necessário a articulação entre os diferentes tipos de drenagem, o traçado da via e o terreno natural. A drenagem transversal prende-se, fundamentalmente, com a definição de passagens hidráulicas (PH's) em número e localização necessárias para garantir o escoamento dos cursos de água que a via atravessa. A drenagem longitudinal garante o escoamento das águas provenientes da

plataforma, dos taludes e do terreno natural. Por sua vez, a drenagem subterrânea garante o escoamento das águas freáticas evitando escorregamento de taludes e instabilidade na base dos aterros.

## 2.2 CRITÉRIOS FUNCIONAIS

Os critérios funcionais limitam a ocorrência dos danos e prejuízos em condições normais, atenuando as suas consequências em situações adversas de pluviosidade com período de retorno superior ao previsto em fase de projeto.

Os critérios funcionais incidem na escolha do período de retorno para dimensionar os dispositivos de drenagem longitudinal e transversal, na seleção da limitação das velocidades máximas e mínimas do escoamento superficial e da limitação do nível da altura máxima de água nos dispositivos. Deve ainda ter-se em conta os custos de exploração/manutenção e os danos e prejuízos provocados por eventuais materiais que possam obstruir o escoamento.

Além do referido, salienta-se que a escolha do tipo de material também é importante, em termos de funcionamento e durabilidade.

### 2.2.1 Período de retorno

O dimensionamento adequado das obras de drenagem realizado com base na análise de riscos prevê a adoção de critérios económicos, por forma a estabelecer o valor anual que minimiza o somatório dos custos médios anuais das diferentes alternativas de projeto com os custos médios anuais dos prejuízos associados a pluviosidade intensa e eventos de cheia, ver Figura 2.1.

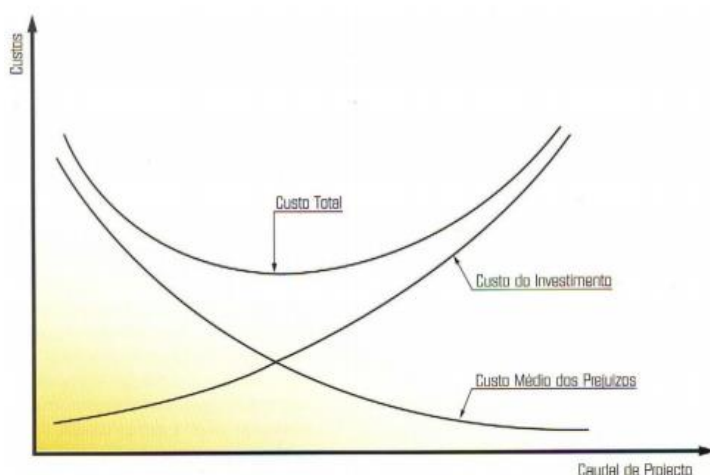


Figura 2.1 – Custo total em função do caudal de projeto (IEP, 2001)

Contudo este método prevê que seja disponibilizada uma ampla gama de dados, como por exemplo, a ocupação do solo, a topografia, a hidrologia, entre outros, estabelecendo-se leis empíricas sobre danos

que podem gerar consequências em termos de resultados, pelo que a sua aplicação é limitada. Assim sendo, são adotados critérios para determinação do caudal de projeto através da fixação de valores do período de retorno.

O período de retorno,  $T$ , é o intervalo de tempo que decorre, em média, para que um determinado acontecimento seja igualado ou excedido.  $T$  é expresso em anos:

$$T(x) = \frac{1}{1 - F(x)} \quad (2.1)$$

onde:

$F(x)$  - Probabilidade de o valor  $x$  da variável aleatória contínua  $X$  num dado ano não ser excedida

A definição do período de retorno influencia o custo da obra, sendo um compromisso entre o custo necessário para garantir um determinado nível de segurança da infraestrutura e das vidas humanas e os prejuízos que podem vir a ocorrer no caso desse nível não ser atingido.

O período de retorno para os dispositivos de drenagem longitudinal define-se pela importância da via, mediante a sua classificação e do seu tráfego médio diário anual (TMDA), de acordo com a Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Período de retorno ( $T$ ) mínimo a adotar em dispositivos de drenagem longitudinal

$T$ (anos)	Tipo de Via	Observações
5 a 10	Estradas Regionais e Municipais complementares	-
10	Estradas Nacionais, Estradas Regionais ou Estradas Regionais com TMDA > 250	-
10 a 20	IP(s), IC(s), ou Estradas com TMDA > 2000	Recomenda-se que, no caso da opção por um período de retorno de 10 anos, seja feita, complementarmente, a verificação de que, para um período de retorno de 20 anos, não é atingido o nível da plataforma.

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

Para a definição do período de retorno da drenagem transversal existem várias abordagens, uma delas prevê um período mínimo de retorno, de normalmente 100 anos, contudo não será considerada neste projeto por se considerar uma avaliação redutora, dado que não tem em linha de conta o tipo de obra.

Neste projeto o período de retorno dos dispositivos de drenagem transversal será determinado de acordo com a Tabela 2.2, variando em função da importância da via e da magnitude dos danos pelo seu incorreto funcionamento.

Tabela 2.2 – Período de retorno ( $T$ ) mínimo a adotar nas passagens hidráulicas

$T$ (anos)	$I (I = P1 + P2 + P3)$
20 a 25	$I = 1,5$
50	$I = 2,0$
100	$2,0 < I \leq 4,0$
> 100 com análise económica e de risco	$I > 4$

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

Devem ser considerados três parâmetros para a determinação do período de retorno no cálculo das passagens hidráulicas, que variam em função do índice  $I$  (IEP, 2001):

$$I = P1 + P2 + P3 \quad (2.2)$$

O parâmetro  $P1$  varia em função da importância da via e reflete a necessidade de garantia de circulação em ocorrência de chuva pelo tráfego afetado e/ou escolha de alternativas viáveis, e pode ser determinado com apoio da Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Parâmetro  $P1$  (IEP, 2001)

Importância da via	$P1$
Estradas Regionais e Municipais	0,5
Estradas Nacionais, Estradas Regionais ou Estradas Municipais com TMDA > 250	1,0
IP(s), IC(s), ou Estradas com TMDA > 2000	1,5

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

O parâmetro  $P2$  varia em função dos prejuízos e danos causados na via, definindo-se pela impacto da destruição de pavimentos e bermas, provocado pelo excesso de água ou erosão, com avaliação da consequência de interrupção da circulação, e pode ser determinado pela Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Parâmetro  $P2$  (IEP, 2001)

Efeitos dos prejuízos/danos para a própria via	$P2$
Baixos ( $\Delta t_c < 25\%$ - $h < 2m$ )	0,5
Médios ( $\Delta t_c < 50\%$ - $h < 5m$ )	1,0
Elevados ( $\Delta t_c \geq 50\%$ - $h \geq 2m$ )	1,5

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

O parâmetro *P3* varia em função dos prejuízos e danos causados a terceiros resultantes da inundação de áreas limítrofes afetadas ou pelo arrasto de materiais resultantes da destruição da estrada, e pode ser determinado com base na Tabela 2.5.

Tabela 2.5 – Parâmetro P3 (IEP, 2001)

Efeitos dos prejuízos/danos para terceiros	P3
Baixos	0,5
Médios	1,0
Elevados	1,5

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

Se a zona afetada for de ocupação urbana, industrial ou agrícola de valor relevante atribui-se o nível elevado. Nos demais casos e zonas agrícolas, a classificação de baixo ou médio, varia em função do tipo de utilização/ocupação do solo.

### 2.2.2 Velocidades de escoamento superficial

O balizamento das velocidades mínimas e máximas de escoamento superficial permite minimizar, ou até mesmo evitar, a erosão dos materiais constituintes dos dispositivos de drenagem e estruturas hidráulicas de transporte nas zonas de vazão. As velocidades apresentadas na Tabela 2.6 não deverão ser excedidas (valores máximos), e no caso de existir possibilidade de arraste e deposição de finos deverá ser assegurada a existência de dispositivos de fácil manutenção e limpeza, como caixa de areia ou desarenadores.

Tabela 2.6 – Velocidades máximas de escoamento superficial

Tipo de Material da Secção	$V_{m\acute{a}x}$ (m/s)
Areia fina ou limo (pouca ou nenhuma argila)	0,20 – 0,60
Silte arenoso ou argiloso, areia argilosa fura ou marga dura	0,6 – 0,9
Terreno parcialmente coberto de vegetação	0,6 – 1,2
Canais de terra revestidos com relva – silte arenoso (inclinação $i < 5\%$ )*	1,5 – 1,8
Canais de terra revestidos com relva – silte argiloso (inclinação $i < 5\%$ )*	2,0 a 2,4
Argila	1,5 – 1,8
Rocha branda (sedimentar, arenito brando ou xisto brando) ou conglomerado	1,2 – 2,4
Rocha dura (magmática ou metamórfica dura)	3,0 – 4,5
Cimento ou betão	4,5 – 6,0

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

Alerta-se que nos canais de terra revestidos com relva o valor da velocidade máxima não deve exceder 1,5 m/s, a menos que se verifique, simultaneamente, um revestimento muito bom e uma adequada manutenção

Recomenda-se que a velocidade mínima esteja compreendida entre os 0,5 e 1,0 m/s, para uma adequada auto-limpeza.

### 2.2.3 Distância mínima entre o nível da água e a plataforma

Deve respeitar-se nos dispositivos de drenagem longitudinal e passagens hidráulicas a distância mínima entre o nível da água e a plataforma, de modo a diminuir a probabilidade de interrupções da via e contaminação do pavimento.

A distância mínima em dispositivos longitudinais,  $h_1$ , e a distância mínima em passagens hidráulicas,  $h_2$ , ver Figura 2.2.

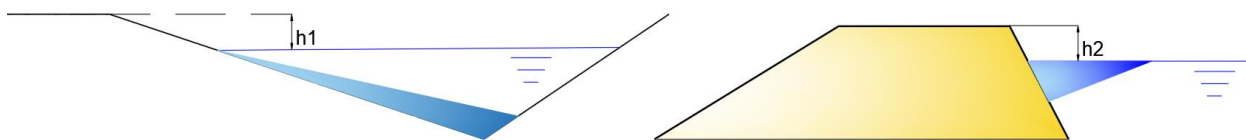


Figura 2.2 – Distância entre o nível da água e da plataforma (IEP, 2001)

A definição da distância mínima é realizada em função da importância da via e das distâncias mínimas, ver Tabela 2.7.

Tabela 2.7 – Distâncias mínimas entre o nível da água e plataforma

Tipo de Rodovia	Distância mínima em dispositivos de drenagem longitudinal $h_1$ (m)	Distância mínima em passagens hidráulicas $h_2$ (m)
Estradas Regionais e Municipais	0	0,10 a 0,20
Estradas Nacionais e outras com TMDA > 250	0	0,50
IP(s), IC(s) e ou Estradas Nacionais com TMDA > 2000	0,05 a 0,10	0,80

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

## 2.3 VARIÁVEIS DE ESTUDO

O projeto de drenagem prevê que sejam conhecidas um conjunto de variáveis, de modo a sustentar as opções tomadas e o dimensionamento dos próprios dispositivos.

Estas variáveis abrangem a delimitação e as características físicas e topográficas das bacias hidrográficas da zona envolvente que possam influenciar a drenagem da via, a rede hidrográfica da zona onde se insere a via, as características da precipitação, a ocupação do solo e outros dados pertinentes de natureza ambiental e patrimonial.

### 2.3.1 Bacias hidrográficas

A bacia hidrográfica de uma determinada secção é a área drenante definida por um curso de água ou por um conjunto interligado de cursos de água, de modo a que todos os caudais gerados descarreguem nessa secção, ver Figura 2.3 e Figura 2.4. Assim sendo, a área da bacia hidrográfica corresponde à área em planta limitada pelas linhas de separação de água e é definida com recurso a cartas topográficas e visitas ao local.



Figura 2.3 – Esquema representativo da área de uma bacia hidrográfica (Pena, 2020)



Figura 2.4 – Vista aérea de um rio e parte da sua bacia hidrográfica (Pena, 2020)

Torna-se importante avaliar o material que reveste a bacia e o seu tipo de utilização, de modo a avaliar a sua influência no escoamento superficial e infiltração.

Na drenagem longitudinal é mais frequente a designação de áreas de influência.

### 2.3.2 Rede hidrográfica

A identificação de todas as linhas de água existentes e as condições hidrológicas e hidráulicas associadas, torna-se uma tarefa indispensável para o correto dimensionamento e funcionamento da rede de drenagem, visto que poderão funcionar como meios recetores das descargas da via.

As linhas de água têm influência no traçado da via e da sua drenagem, sendo fundamental conhecer antecipadamente a sua capacidade e viabilidade para receber descargas do terreno e/ou plataforma.

Atualmente é possível recorrer a aplicações informáticas que simulam com grande rigor estas linhas de água.

### 2.3.3 Precipitação

A altura de precipitação,  $p$ , define-se como a espessura de uma lâmina de água que se acumula na superfície atingida em projeção horizontal, caso toda a precipitação ficasse retida nessa superfície. Esta grandeza exprime-se, geralmente, em  $mm$  e corresponde ao quociente entre o volume de precipitação e a área da zona atingida.

Para efeitos de cálculo de caudal de projeto torna-se indispensável o conhecimento dos dados pluviométricos na zona da via a construir, nomeadamente as intensidades de precipitação para diferentes períodos de retorno. Em Portugal recorre-se às curvas Intensidade-Duração-Frequência (I-D-F), desenvolvidas pelo Instituto da Água (INAG), que existem disponíveis para diversos postos udográficos.

Apresenta-se de seguida o mapa de precipitação acumulada anual de Portugal Continental, ver Figura 2.5.

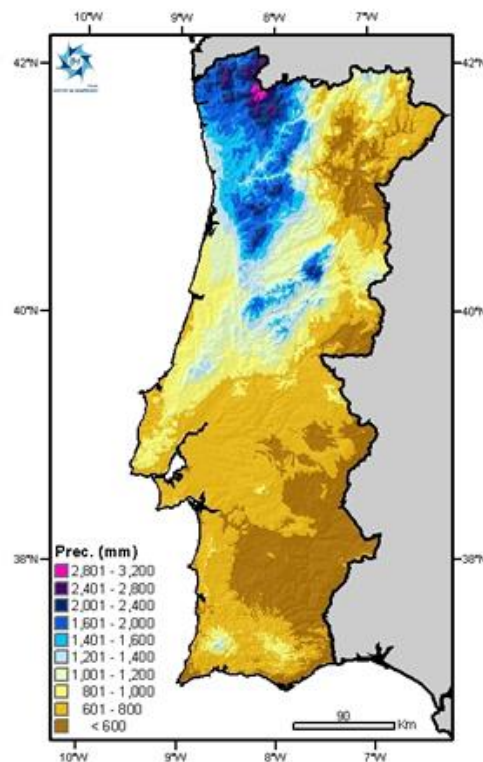


Figura 2.5 – Precipitação acumulada anual em Portugal (IPMA, 2020)

Em termos comparativos apresenta-se o mapa de precipitação acumulada de Angola entre os anos de 2001 e 2015, com marcação da província de Kwanza-Norte, Figura 2.6.

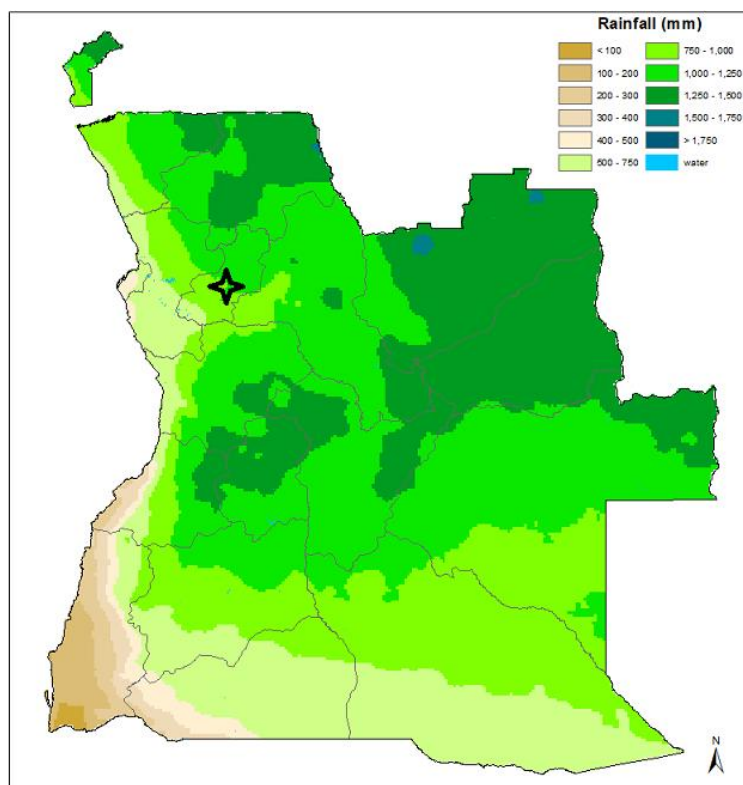


Figura 2.6 – Precipitação acumulada anual Angola (USGS, 2020)

O valor da intensidade de precipitação,  $I$ , obtém-se a partir da expressão de Montana:

$$I = a \times t^b \quad (2.3)$$

onde:

$I$  – Intensidade precipitação (mm/h);

$t$  – Duração (min);

$a, b$  – Parâmetros das curvas I-D-F em função da região.

### 2.3.4 Tempo de concentração

Define-se como tempo de concentração numa determinada secção,  $t_c$ , o tempo de percurso de uma partícula de água precipitada desde o ponto mais afastado da bacia até a secção em análise. Este tempo varia em função do percurso que a partícula tem de realizar e da velocidade de escoamento, sendo que a velocidade depende da inclinação do terreno, do tipo de revestimento do terreno e do tipo de escoamento em cada ponto.

O tempo de concentração,  $t_c$ , na secção final pode ser calculado de acordo com o método baseado na velocidade de escoamento superficial e é dado pela seguinte sucessão:

$$t_c = \frac{1}{60} \times \left( \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + \dots + \frac{L_n}{V_n} \right) \frac{L_1}{V_1} \quad (2.4)$$

onde:

$$V_i = k \times \sqrt{i_{mj}};$$

$t_c$  – Tempo de concentração (min);

$L_i$  – Comprimento de troço de declive constante (m);

$V_i$  – Velocidade de escoamento, no troço  $L_i$  (m/s);

$i_{mj}$  – Declive médio (m/m);

Este método teórico prevê que a bacia hidrográfica seja dividida em troços com características semelhantes em termos de revestimento do solo, declive e fixação da velocidade média de escoamento superficial. Nos troços onde a linha de água é constituída por canais geometricamente bem definidos, o cálculo da velocidade média é realizado, em regra, através das expressões de Manning-Strickler.

Existem muitas expressões e modelos para o cálculo do  $t_c$ , que mais à frente se apresentam.

### 2.3.5 Coeficiente de escoamento

O coeficiente de escoamento,  $C$ , de uma bacia hidrográfica é o quociente entre a precipitação útil que dá origem ao escoamento superficial e a precipitação total que cai sobre essa bacia. Este valor é essencial para a determinação do caudal de projeto pelo Método Racional, contudo este parâmetro apresenta alguma imprecisão visto que é obtido após algumas iterações e depende da percentagem de áreas impermeáveis, do tipo de ocupação do solo e do declive médio da superfície do terreno.

Nem sempre é possível saber com rigor este valor, em que os projetistas usam muitas vezes o bom senso e experiência. Geralmente este valor varia entre um mínimo de 0,2 e um máximo de 0,9.

## 2.4 CAUDAIS DE PROJETO

De modo a dimensionar os dispositivos de drenagem superficial torna-se imprescindível a determinação dos caudais de projeto.

O método mais utilizado é o Método Racional, que apesar das suas limitações é amplamente disseminado na bibliografia da especialidade. As limitações deste método resultam das simplificações de natureza hidrológica e hidráulica. Do ponto de vista hidrológico admite-se que a precipitação é constante no espaço e no tempo e admite-se que a relação precipitação-escoamento é linear e representada por um coeficiente constante, contudo para bacias hidrográficas de maiores dimensões e com áreas permeáveis relevantes estas simplificações assumem-se menos válidas. Do ponto de vista hidráulico, as limitações do método devem-se à incapacidade de representar o escoamento como um fenómeno dinâmico, tanto no espaço como no tempo. Em Portugal, os estudos efetuados apontam que o Método Racional é válido em bacias hidrográficas até 25 a 30 km<sup>2</sup>.

Quando as bacias apresentam maiores dimensões pode recorrer-se ao método do *Soil Conservation Service* (SCS), já que consiste num método mais completo e consistente para o cálculo de hidrogramas de cheia onde há registos hidrométricos insuficientes.

Para dimensionamento dos dispositivos de drenagem longitudinal é utilizado o Método Racional, enquanto que para o dimensionamento de dispositivos de drenagem transversal pode ser utilizado o Método Racional ou o Método SCS.

Existem ainda outros métodos, como as expressões de Giandotti (1953), Temez (1978), Kirpich (1940), Ventura, David (1976), Mockus, entre outras.

### 2.4.1 Método Racional

Para estimar o caudal máximo associado a um determinado período de retorno,  $Q(T)$ , utiliza-se a expressão:

$$Q(T) = 2,8 \times K \times C \times I(t_c, T) \times A \quad (2.5)$$

onde:

$Q(T)$  – Caudal associado ao período de retorno  $T$  (l/s);

$K$  – Fator corretivo que tem em conta situações gravosas, função do período de retorno.  $K= 1$  em situações  $T \leq 10$  anos;

$C$  – Coeficiente de escoamento adimensional entre 0 e 1, que representa a parte de precipitação que dá origem a escoamento superficial;

$I$  – Intensidade média máxima de precipitação (mm/h) para o período de retorno  $T$  (anos), e com duração igual ao tempo de concentração  $t_c$  (min);

$A$  – Área da bacia de drenagem que contribui para a secção em que é feita a determinação do caudal (m<sup>2</sup>).

De forma mais simplificada, pode ser adotada a expressão que define o Método Racional:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360} \quad (2.6)$$

onde:

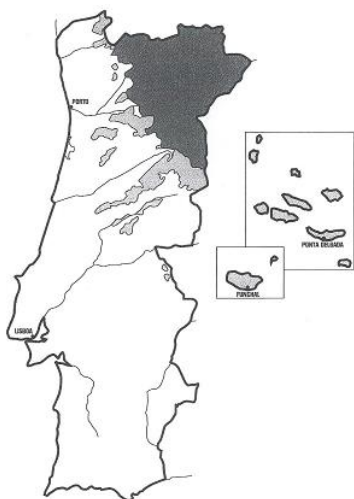
$Q$  – Caudal de ponta de cheia (m<sup>3</sup>/s) para o período de retorno  $T$  (anos);

$I$  – Intensidade média máxima de precipitação (mm/h) para o período de retorno  $T$  (anos), e com duração igual ao tempo de concentração  $t_c$ (min);

$A$  – Área da bacia de drenagem (ha);

$C$  – Coeficiente adimensional.

A intensidade média máxima de precipitação, para um dado período de retorno  $T$ , é obtida através das expressões das Curvas I-D-F, de acordo com a Figura 2.7.



T (anos)	Região A		Região B		Região C	
	a	b	a	b	a	b
2	202,72	-0,577	162,18	-0,577	243,26	-0,577
5	259,26	-0,562	207,41	-0,562	311,11	-0,562
10	290,68	-0,549	232,21	-0,549	348,02	-0,549
20	317,74	-0,538	254,19	-0,538	381,29	-0,538
50	349,54	-0,524	279,83	-0,524	419,45	-0,524
100	365,62	-0,508	292,50	-0,508	438,75	-0,508

Figura 2.7 – Regiões pluviométricas e parâmetros a e b das curvas I-D-F

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

O tempo de concentração,  $t_c$ , nos casos de escoamento em canal natural mal definido, é frequentemente utilizada a expressão proposta por Temez (1978):

$$t_c = 0,3 \times \left( \frac{L}{J^{0,25}} \right)^{0,76} \quad (2.7)$$

onde:

$t_c$  – Tempo de concentração (h);

$L$  – Comprimento da linha de água principal (km);

$J$  – Declive médio da linha de água principal (m/m).

No Capítulo 4, além da expressão de Temez (1978), serão ainda utilizadas a expressão de Kirpich (1940), que é aplicada sobretudo a bacias rurais com canais bem definidos e declives a variar entre os 3% e 10% e a expressão de Ventura que se aplica a bacias naturais com tempos de concentração superiores a 5 minutos e é recomendada pela BRISA.

Salienta-se ainda que a expressão da *Californian Highways and Public Works* (CHPW) é muito utilizada pelos especialistas da área.

Cálculo do tempo de concentração,  $t_c$ , pela expressão de Kirpich (1940):

$$t_c = 0,0663 \times \frac{L_b^{0,77}}{i_{mb}^{0,385}} = 0,0663 \frac{L_b^{1,155}}{\Delta h^{0,385}} \quad (2.8)$$

onde:

$t_c$  – Tempo de concentração (h);

$L_b$  – Comprimento da linha de água principal (km);

$i_{mb}$  – Declive médio da bacia hidrográfica (m/m);

$\Delta h$  – Diferença de cotas entre as extremidades da linha de água principal (km).

## CAPÍTULO 2

Cálculo do tempo de concentração,  $t_c$ , pela expressão de Ventura:

$$t_c = 240 \left( \frac{A_b \times L_b}{\Delta h} \right)^{1/2} \quad (2.9)$$

onde:

$t_c$  – Tempo de concentração (min);  $t_c \geq 5$ ;

$A_b$  – Área da bacia hidrográfica (km<sup>2</sup>);

$\Delta h$  – Diferença de cotas entre as extremidades da linha de água principal (m);

$L_b$  – Comprimento do curso de água principal da bacia (km).

Determinação do tempo de concentração,  $t_c$ , pela expressão CHPW:

$$t_c = 57 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (2.10)$$

onde:

$L$  – Comprimento da linha de água principal (km);

$H$  – Desnível altimétrico entre os pontos mais alto e mais baixo (m).

Nos casos de escoamento em canal de secção bem definida, a determinação da velocidade de escoamento,  $V$ , é geralmente obtida através da expressão de Manning-Strickler:

$$V = k_s \times R_H^{2/3} \times J^{1/2} \quad (2.11)$$

onde:

$V$  – Velocidade de escoamento (m/s) (de acordo com a Tabela 2.8);

$k_s$  – Coeficiente de rugosidade de Strickler;

$R_H$  – Raio hidráulico:

$$R_H = \frac{\text{superfície molhada}}{\text{perímetro molhado da secção}} \text{ (m)} \quad (2.12)$$

$J$  – Gradiente hidráulico equivalente ao declive do canal (m/m).

Na Tabela 2.8 apresentam-se os valores das velocidades médias para escoamento superficial não canalizado.

Tabela 2.8 – Velocidades médias aproximadas de escoamento superficial (m/s)

Tipo de escoamento	Inclinação do terreno (%)			
	0 – 3	4 – 7	8 – 11	12 – 15
Escoamento não canalizado:				
- Bosques e florestas	0 – 0,5	0,5 – 0,8	0,8 – 1,0	1,0 – ?
- Pastos	0 – 0,8	0,8 – 1,0	1,0 – 1,3	1,3 – ?
- Terrenos cultivados	0 – 0,9	0,9 – 1,4	1,4 – 1,7	1,7 – ?
- Terrenos urbanizados	0 – 2,6	2,6 – 4,1	4,1 – 5,2	5,2 – ?
Escoamento em canal:				
- Canal natural mal definido	0 – 0,6	0,6 – 1,2	1,2 – 2,1	2,1 – ?
- Canal bem definido	A calcular pela expressão de Manning-Strickler			

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

Na Tabela 2.9 apresentam-se os valores de  $k_s$ , em função das características da superfície de revestimento do canal e da inclinação o terreno.

Tabela 2.9 – Valores de  $k_s$  para a expressão de Manning-Strickler

Características	$k_s$ (m <sup>1/3</sup> /s)
Paredes muito lisas em argamassa e areia muito lisa; tábuas aplainadas; chapa metálica sem soldadura saliente	90 a 100
Argamassa alisada	85
Paredes lisas em: reboco ordinário, tábuas com juntas mal cuidadas, grés	80
Paredes lisas em: betão liso, canais de betão com juntas frequentes, betuminoso liso	75
Paredes lisas em: alvenaria ordinária, terra muitíssimo regular	70
Paredes rugosas: terra irregular, betão áspero ou velho, alvenaria velha ou mal acabada, asfalto rugoso	60
Paredes muito rugosas: terra irregular com ervas, rios regulares em leito rochoso	50
Paredes muito rugosas: terra em más condições, rios em leito de calhaus/pedras	40
Paredes muito rugosas: terra em completo abandono, escoamentos com transporte de grandes blocos	15 a 20

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

O valor mais comum utilizado para betão é 70 m<sup>1/3</sup>/s. Em tubagens de PVC ou PP liso, o valor de  $k_s$  pode chegar a 110 até 130 m<sup>1/3</sup>/s quando as paredes são muito lisas.

O Manual de Drenagem de Superficial em Vias de Comunicação propõe que o cálculo do coeficiente de escoamento,  $C$ , seja realizado com recurso a tabelas, contudo deverão os valores apresentados servir como guia não devendo ser ignorada a experiência e sensibilidade do projetista.

Na Tabela 2.10 apresenta-se o coeficiente  $C$  em função do tipo de ocupação e de tipologia de superfície.

Tabela 2.10 – Valores médios do coeficiente de escoamento para utilização na expressão racional

<b>Tipologia de ocupação</b>	<b>C</b>
Comercial:	
no centro da cidade	0,70 – 0,95
nos arredores	0,50 – 0,70
Residencial:	
habitações unifamiliares	0,30 – 0,50
prédios isolados	0,40 – 0,60
prédios geminados	0,60 – 0,70
suburbano	0,25 – 0,40
Industrial:	
pouco denso	0,50 – 0,80
muito denso	0,60 – 0,90
parques e cemitérios	0,10 – 0,40
campos de jogos	0,20 – 0,40
<b>Tipologia de superfície</b>	<b>C</b>
Pavimento:	
betuminoso	0,70 – 0,95
betão de cimento	0,80 – 0,95
passeios para peões	0,75 – 0,85
coberturas	0,75 – 0,95
Relvado sobre solo permeável:	
plano - 1%	0,05 – 0,10
médio – 1 a 8%	0,10 – 0,15
inclinado – 8%	0,15 – 0,20
Relvado sobre solo impermeável:	
plano - 1%	0,13 – 0,17
médio – 1 a 8%	0,18 – 0,22
inclinado – 8%	0,25 – 0,35

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

O coeficiente de escoamento,  $C$ , assume, quanto ao tipo de ocupação, normalmente valores de 0,7 para ocupação comercial e 0,6 para ocupação residencial e industrial. No que diz respeito ao tipo de superfície assume valores de 0,85 para pavimentos, 0,15 para relvados sobre solo permeável e 0,30 para relvados sobre solo impermeável.

Contudo também é possível através da classificação do solo, determinar o coeficiente  $C$ , em função desta e do declive, ver Tabela 2.11.

Tabela 2.11 – Classificação hidrológica dos solos segundo o modelo SCS

<b>Tipo de Solo</b>	<b>Características dos solos</b>
<b>Tipo A</b>	Areias profundas, com pouco limo ou argila, e arenitos profundos muito permeáveis. Solos que dão origem a baixo escoamento superficial, ou que apresentam permeabilidade muito elevada.
<b>Tipo B</b>	Solos arenosos menos profundos ou arenitos menos profundos e menos agregados que o tipo A. Solos menos permeáveis que os solos tipo A, mas apresentam permeabilidade superior à média.
<b>Tipo C</b>	Solos pouco profundos e solos com significativas de argila, contudo inferiores do que os do tipo D. Solos que dão origem a escoamento superficial moderado, superior aos solos do tipo A e B.
<b>Tipo D</b>	Argilas expansivas e solos pouco profundos com sub-horizontes quase impermeáveis. Solos que dão origem a escoamento superficial elevado.

Fonte: Adaptado do Livro de Drenagem em Infra-Estruturas de Transportes e Hidráulica de Pontes (Ramos, 2006)

Após caracterização do tipo de solo, e com base no declive do terreno, é possível determinar o coeficiente  $C$  com base na Tabela 2.12.

Tabela 2.12 – Valores médios do coeficiente de escoamento para utilização na expressão racional

<b>Declive</b>	<b>Solo Tipo A</b>	<b>Solo Tipo B</b>	<b>Solo Tipo C</b>	<b>Solo Tipo D</b>
<b>Plano &lt; 1%</b>	0,04 – 0,09	0,07 – 0,12	0,11 – 0,16	0,15 – 0,20
<b>Médio de 1 a 6%</b>	0,09 – 0,14	0,12 – 0,17	0,16 – 0,21	0,20 – 0,25
<b>Inclinado &gt; 6%</b>	0,13 – 0,18	0,18 – 0,24	0,23 – 0,31	0,28 – 0,38

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

No caso de situações gravosas, como o caso de áreas permeáveis ou semipermeáveis que se poderão comportar como áreas impermeáveis com a consequente diminuição de perdas por infiltração, deverá ser tido em conta o coeficiente de ajustamento  $K$ , de acordo com a Tabela 2.13, de modo a garantir um coeficiente de segurança.

Tabela 2.13 – Valores de  $K$ 

Período de retorno $T$ (anos)	$K$
25	1,1
50	1,2
100	1,25

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

#### 2.4.2 Métodos baseados na determinação de hidrogramas de cheia

Na maioria das situações de projeto de drenagem de infraestruturas rodoviárias basta conhecer o caudal máximo associado ao período de retorno de dimensionamento. Contudo existem situações em que é essencial conhecer o hidrograma de cheia, como por exemplo em situações de inundação natural dos terrenos ribeirinhos ou quando se pretende reduzir o valor do caudal máximo, e se torna necessário adotar uma solução que origine amortecimento do caudal de cheia máximo afluente, como as chamadas bacias de retenção.

No caso de dimensionamento de bacias de retenção e de infiltração, que estão associadas a tratar e confinar a água proveniente da drenagem das estradas, a determinação dos hidrogramas de cheia apresenta também importância.

Os métodos baseados na determinação de hidrogramas de cheia baseiam-se na teoria do hidrograma unitário, ver Figura 2.8, visto que são de fácil aplicação e utilizam dados que, geralmente, estão disponíveis. Esta teoria foi apresentada por Sherman, em 1932, baseando-se nos seguintes pressupostos:

- Os hidrogramas de cheia resultantes de chuvadas com duração semelhante, mas com diferentes valores de precipitação terão o mesmo tempo base, contudo as ordenadas serão proporcionais aos valores das correspondentes precipitações;
- O hidrograma resultante de uma sequência de períodos de precipitação, próximos ou isolados, terá as ordenadas iguais à soma das ordenadas correspondentes ao hidrograma de cada um dos períodos;
- A relação entre a precipitação útil e o escoamento superficial é constante no tempo.

Utilizando o conceito e os pressupostos anteriores, o caudal  $Q_n$  que ocorre num determinado instante  $t_n$  é calculado de acordo com a expressão seguinte:

$$Q_n = \sum_{j=1}^n P_{uj} \times h_{n-j+1} \quad (2.13)$$

onde:

$Q_n$  – Caudal médio no intervalo  $t$  ( $m^3/s$ );

$P_{uj}$  – Precipitação útil que ocorre durante o intervalo definido  $t_{j-1}, t_j$  (mm);

$h_{n-j+1}$  – Ordenada do hidrograma unitário de duração correspondente ao intervalo  $(0, t_{n-j+1})$  (h).

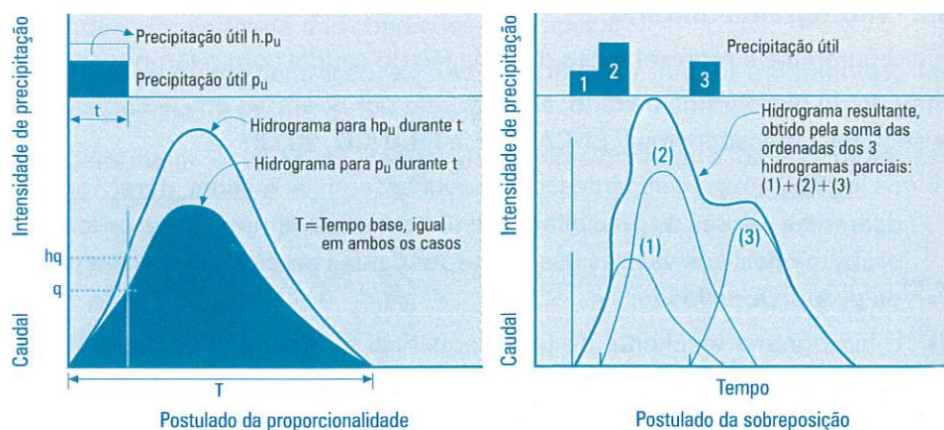


Figura 2.8 – Princípios básicos do hidrograma unitário (Ramos, 2006)

De modo a obter-se o hidrograma de cheia é necessário determinar a quantidade de precipitação que pode ocorrer na bacia durante um período de tempo, com uma certa probabilidade de ocorrência. Para bacias hidrográficas de pequenas dimensões pode utilizar-se um método simplificado que admite uma chuvada com intensidade constante e de curta intensidade. Para bacias hidrográficas de maiores dimensões onde é aconselhável considerar chuvadas com intensidade variável e de maior duração, são utilizados métodos baseados nas distribuições de Huff (1983).

O cálculo da precipitação útil é essencial para a determinação de hidrogramas de cheia, sendo que o método SCS se apoia na quantificação da capacidade de a bacia reter água, ou seja, a quantidade de água que não gera escoamento superficial  $S$ :

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2.14)$$

onde:

$S$  – Capacidade máxima de retenção (mm);

$CN$  – Número de escoamento.

Os valores de *CN* para regiões urbanas e suburbanas são apresentados na Tabela 2.14.

Tabela 2.14 – Valores de *CN* para regiões urbanas e suburbanas

Utilização ou cobertura do solo		Tipo de solo			
		A	B	C	D
Zonas cultivadas:					
sem medidas de conservação do solo		72	81	88	91
com medidas de conservação do solo		62	71	78	81
Pastagens ou baldios:					
em más condições		68	79	86	89
em boas condições		39	61	74	80
Prado em boas condições		30	58	71	78
Bosques ou zonas florestais:					
cobertura má		45	66	77	83
boa cobertura		25	55	70	77
Espaços abertos, parques, cemitérios, campos de golfe, relvados:					
boas condições, área relvada 75%		39	61	74	80
razoáveis condições, área relvada 50% a 75%		49	69	79	84
Zonas comerciais e de escritórios (85% de área impermeabilizada)		89	92	94	95
Zonas industriais (72% de área impermeabilizada)		81	88	91	93
Zonas residenciais:					
área médias dos lotes	% impermeável média				
500 m <sup>2</sup>	85	77	85	90	92
1000 m <sup>2</sup>	38	81	75	83	87
1300 m <sup>2</sup>	30	57	72	81	86
2000 m <sup>2</sup>	25	54	70	80	85
4000 m <sup>2</sup>	20	51	66	79	84
Parques de estacionamento. Telhados, viadutos		80	98	98	98
Arruamentos e estradas:					
betuminoso e com drenagem		88	98	98	98
gravilha		76	85	89	91
terra		72	82	87	89

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

Os valores de *CN* para regiões rurais são apresentados na Tabela 2.15.

Tabela 2.15 – Valores de *CN* para regiões rurais

Utilização ou cobertura do solo	Condições de superfície	Tipo de solo (ver Tabela 2.11)			
		A	B	C	D
Solo lavrado		77	86	91	94
Cultura arvense	Segundo o maior declive	64	76	84	88
	Segundo as curvas de nível	62	74	82	85
	Segundo as curvas de nível e em terraço	60	71	79	82
Rotação de cultura	Segundo o maior declive	62	75	83	87
	Segundo as curvas de nível	60	72	81	84
	Segundo as curvas de nível e em terraço	57	70	78	82
Pastagem	Pobre	68	79	86	89
	Normal	49	69	79	84
	Boa	39	61	74	80
	Pobre – segundo o maior declive	47	67	81	88
	Pobre – segundo as curvas de nível	25	58	75	83
	Boa – segundo as curvas de nível	6	35	70	79
Prado permanente	Normal	30	58	71	79
Zonas sociais rurais	Normal	59	74	82	86
Estradas	Pavimento permeável	72	82	87	89
	Pavimento impermeável	74	84	90	92
Florestas	Muito aberta ou de baixa transpiração	56	75	66	91
	Aberta ou de baixa transpiração	46	66	78	84
	Normal	36	60	70	76
	Densa ou de alta transpiração	26	52	62	69
	Muito densa ou de alta transpiração	15	44	54	61
Superfície impermeável		100	100	100	100

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

O tempo de concentração em horas,  $t_c$ , de uma bacia, pode ser calculado pelo método SCS mediante a aplicação da expressão seguinte:

$$t_c = 1,67 \times t_j \quad (2.15)$$

## CAPÍTULO 2

onde:

$t_j$  - Tempo de atraso da bacia (h). Caso não existam hietogramas e hidrogramas existentes aplica-se a seguinte expressão:

$$t_j = \frac{L^{0,8} \times (0,03937 \times S + 1)^{0,7}}{734,43 \times Y^{0,5}} \quad (2.16)$$

onde:

$L$  – Comprimento do curso de água (m);

$Y$  – Declive média da bacia (%);

$S$  – Capacidade máxima de retenção (mm).

No Capítulo 4 – Estudo de Caso, além do método SCS será aplicada a expressão de Giandotti (1953) para o cálculo do tempo de concentração nas bacias de maior dimensão.

Cálculo do tempo de concentração,  $t_c$ , pela expressão de Giandotti (1953):

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,80\sqrt{h_m}} \quad (2.17)$$

onde:

$t_c$  – Tempo de concentração (h);

$A$  – Área da bacia hidrográfica (km<sup>2</sup>);

$L$  – Comprimento da linha de água principal (km);

$h_m$  – Altura média da bacia hidrográfica (m).

As perdas iniciais do escoamento superficial,  $I_a$ , segundo o modelo SCS, são calculadas pela expressão:

$$I_a = 0,2 \times S \quad (2.18)$$

onde:

$S$  – Capacidade máxima de retenção (mm)

A precipitação útil em mm,  $P_u$  é determinada com recurso às expressões seguintes:

$$P_u = 0 \quad \text{se } P < I_a \quad (2.19)$$

$$P_u = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)} \quad \text{se } P > I_a \quad (2.20)$$

onde:

$I_a$  – Perdas iniciais para o escoamento superficial (mm);

$S$  – Capacidade máxima de retenção (mm);

$P$  – Precipitação ocorrida desde o início da chuvada (mm).

$$P = I \times t \quad (2.21)$$

$I$  – Intensidade de precipitação (mm/h);

$t$  – Tempo de concentração total (h):

$$t = t_c + t_0 \quad (2.22)$$

$t_0$  – Tempo das perdas iniciais (h). Cálculo iterativo até obter  $\frac{I_a}{I}$ ;

$t_c$  – Tempo de concentração em horas.

O caudal de ponta,  $Q_p$ , é dado pela expressão:

$$Q_p = \frac{P_u \times A}{3,6 \times t_c} \quad (2.23)$$

onde:

$Q_p$  – Caudal de ponta ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$P_u$  – Precipitação útil (mm);

$A$  – Área da bacia ( $\text{km}^2$ );

$t_c$  – Tempo de concentração(h).

## 2.5 DRENAGEM LONGITUDINAL

### 2.5.1 Introdução

O correto funcionamento do sistema de drenagem longitudinal é fundamental para a segurança rodoviária. A drenagem longitudinal assegura o escoamento rápido das águas superficiais sobre a plataforma, garantindo a proteção do pavimento ao evitar que infiltrações no solo de fundação possam levar à perda de capacidade de carga do terreno.

As obras de drenagem longitudinal, em vias, permitem:

- Captar e escoar as águas pluviais que caem diretamente na plataforma;
- Captar e descarregar as águas provenientes de taludes, de modo a controlar a ação erosiva do escoamento e a evitar o acesso destas águas à plataforma;
- Captar e descarregar águas pluviais originárias de terrenos contíguos que drenam para a plataforma;
- Minimizar os impactos de aquíferos junto à zona da plataforma.

A drenagem longitudinal inclui, principalmente, os seguintes dispositivos, ver Figura 2.9:

- Valetas laterais da plataforma;
- Valetas de bordadura em bermas de aterro;
- Valas de crista;
- Valas de pé-de-talude;
- Descidas de taludes;
- Valas de banquetas.

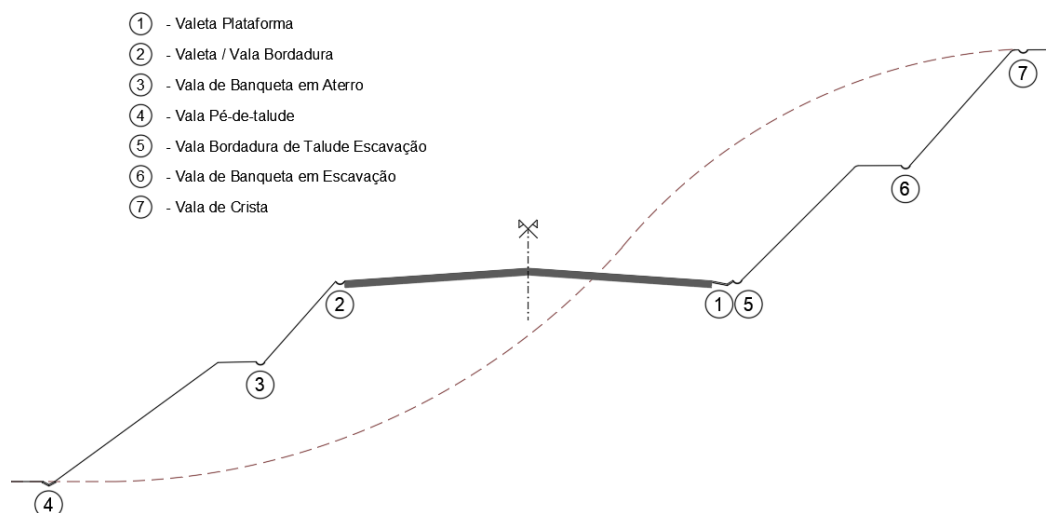


Figura 2.9 – Esquema de órgãos de drenagem longitudinal

### 2.5.2 Conceção

Na conceção dos dispositivos de drenagem longitudinal de uma obra rodoviária devem ser tidos em consideração os seguintes aspetos:

- Optar por dispositivos a céu aberto em detrimento de dispositivos enterrados;
- Prever a instalação de pontos de descarga, de modo a diminuir a altura da lâmina líquida nas imediações da plataforma;
- Garantir a articulação entre a geometria do traçado e os dispositivos de drenagem, nomeadamente quanto à sua localização, forma e tipos;
- Minimizar os impactos nas propriedades de terceiros, na natureza e ecossistemas nas zonas limítrofes da plataforma;
- Avaliar os custos de investimento, operação e manutenção;
- Garantir a exequibilidade técnica das soluções;
- Minimizar os impactos ambientais e o enquadramento da obra na paisagem circundante.

Tendo em conta as práticas referidas anteriormente, é possível estabelecer uma sequência de abordagem para realizar o dimensionamento dos dispositivos de drenagem longitudinal. Assim sendo, deve inicialmente reunir-se informação relevante, como planta e perfil do traçado da via; delimitação de bacias e rede hidrográficas e reconhecimento dos seus constrangimentos a nível técnico, socioeconómicos ou ambientais. Em seguida, devem identificar-se pontos de descargas e eventuais limitações de caudais e cargas poluentes; localizar eventuais drenagens transversais devidas ao traçado da via; identificar pontos altos e baixos, mudanças de declive e declives naturais dos terrenos contíguos; avaliar os níveis de água

das linhas na zona circundante; e avaliar os impactos socioeconômicos, ambientais e ecológicos que possam introduzir mais variáveis.

De modo a facilitar o dimensionamento, devem ser agrupados troços com características semelhantes, nomeadamente troços em escavação e troços em aterro, troços ascendentes e troços descendentes, troços que apresentem separador central e troços na proximidade da base de taludes naturais com escorrência superficial. Posteriormente, deve ser estimada a ordem de grandeza dos caudais de modo a seleccionar os dispositivos longitudinais a aplicar e as suas inclinações. Por fim, e após a definição do material de revestimento de cada dispositivo, será possível realizar o seu dimensionamento hidráulico.

Após o dimensionamento dos dispositivos, e caso se verifique insuficiência de vazão, deverá ser equacionada a alteração de alguns aspetos, nomeadamente, a geometria da secção, a diminuição da inclinação lateral, aumento da inclinação longitudinal, diminuição da rugosidade do material e instalação de dispositivo de entrada para dreno/coletor situado abaixo da base do canal principal. Devem ainda ser avaliados os pontos de descarga e os efeitos a jusante, como variações de caudal, aumento da velocidade de escoamento, alterações no regime de escoamento, alterações da qualidade da água e desvio de caudais de bacias drenantes vizinhas.

A sequência apresentada é orientativa, pelo que cada projeto deve ser analisado individualmente e ser objeto de ajustes mesmo na fase de traçado devido à drenagem.

### **2.5.3 Condicionalismos**

Na seleção dos dispositivos de drenagem um dos aspetos que se deve ter em conta é a escolha de valas ou canais revestidos ou não revestidos, visto a sua influência do ponto de vista hidráulico.

É necessário prever um dispositivo revestido quando (IEP, 2001):

- A inclinação de escoamento é inferior a 1%;
- Não for conveniente infiltrações, independentemente da inclinação do perfil longitudinal;
- A velocidade de escoamento induzir fenómenos de erosão.

Como boas práticas de seleção de dispositivos devem prever-se estruturas não revestidas ou com revestimento vegetal, em detrimento das revestidas, em zonas com possibilidade de formação de gelo na via, e de modo a garantir a infiltração lenta, aumentando-se assim o tempo de percurso e reduzindo-se os caudais superficiais a jusante. Devem ainda prever-se órgãos com revestimentos de elevada rugosidade quando as inclinações forem superiores a 7% e quando não for possível a aplicação de estruturas de dissipação de energia, como quedas e degraus, de modo a reduzir velocidades de escoamento.

#### 2.5.4 Critérios de dimensionamento

A sequência de dimensionamento para dispositivos de drenagem longitudinal mais utilizada em Portugal é a apresentada no Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (2001), incluindo os seguintes passos:

1º Cálculo do caudal afluente a jusante em cada trecho, utilizando a expressão racional:

$$Q_a = \frac{1}{3600} \times C \times I \times A \quad (2.24)$$

onde:

$Q_a$  – Caudal afluente (l/s);

$C$  – Coeficiente médio de escoamento da plataforma. Recomenda-se: 0,7 para drenagem lateral; 0,9 para drenagem do separador central;

$I$  – Intensidade média máxima (mm/h) para uma duração mínima de 10 minutos e período de retorno escolhido;

$A$  – Superfície (m<sup>2</sup>) da plataforma e taludes contribuintes.

A expressão racional assume que a precipitação ocorre de forma uniforme na área drenante. O valor do caudal é bastante influenciado pela intensidade de precipitação, pelo que se deverá dar especial atenção à definição do tempo de concentração,  $t_c$ , que corresponde ao tempo de duração da chuvada.

O valor  $C$  assume valor de 0,9 em pavimentos de betão ou betuminosos.

Na Tabela 2.16 apresentam-se os valores de  $C$  em áreas urbanas.

Tabela 2.16 – Valores médios do coeficiente  $C$  a utilizar no método racional – Áreas urbanas

Ocupação do solo	C
Zonas verdes:	
relvados em solos arenosos	0,05 – 0,20
relvados em solos pesado	0,15 – 0,35
parques e cemitérios	0,10 – 0,25
campos desportivos	0,20 – 0,35
Zonas comerciais:	
centro da cidade	0,70 – 0,95
periferia	0,50 – 0,70
Zonas residenciais:	
vivendas no centro da cidade	0,30 – 0,50
vivendas na periferia	0,25 – 0,40
prédios de apartamentos	0,50 – 0,70
Zonas industriais:	
indústria dispersa	0,50 – 0,80
indústria concentrada	0,60 – 0,90
Vias férreas	0,20 – 0,40
Ruas e estradas:	
com pavimento asfaltado	0,70 – 0,90
com pavimento em betão	0,80 – 0,90
com pavimento em macadame asfaltado	0,60 – 0,80
com pavimento em terra/gravilha	0,40 - 0,60
Bermas e valetas em terra	0,40 – 0,60
Valetas com cobertura vegetal	0,50 – 0,70
Passeios	0,75 – 0,85
Telhados	0,75 – 0,95
Baldios	0,10 – 0,30

Fonte: Adaptado do Livro de Drenagem em Infra-Estruturas de Transportes e Hidráulica de Pontes  
(Ramos, 2006)

Na Tabela 2.17 apresentam-se os valores de  $C$  em áreas agrícolas.

Tabela 2.17 – Valores do coeficiente  $C$  em áreas agrícolas

Cobertura da bacia	Morfologia	Declive médio (%)	Tipo de Terreno		
			Arenosos	Com argilas e limo	Com argila compacta
Bosques	Plana	0 – 5	0,10	0,30	0,40
	Ondulada	5 – 10	0,25	0,35	0,50
	Montanhosa	10 – 30	0,30	0,50	0,60
Pastagens	Plana	0 – 5	0,10	0,30	0,40
	Ondulada	5 – 10	0,15	0,36	0,55
	Montanhosa	10 – 30	0,22	0,42	0,60
Cultivados	Plana	0 – 5	0,30	0,50	0,60
	Ondulada	5 – 10	0,40	0,60	0,70
	Montanhosa	10 – 30	0,52	0,72	0,82

Fonte: Adaptado do Livro de Drenagem em Infra-Estruturas de Transportes e Hidráulica de Pontes (Ramos, 2006)

2º Comparação do caudal afluyente com o caudal de vazão do dispositivo pré-selecionado

$$Q_v = 1000 \times k_s \times R_H^{2/3} \times J^{1/2} \times S_m \quad (2.25)$$

onde:

$Q_v$  – Caudal de vazão (l/s);

$k_s$  – Coeficiente de rugosidade de Manning-Strickler ( $m^{1/3}/s$ );

$J$  – Declive longitudinal (m/m);

$R_H$  – Raio hidráulico:

$$R_H = \frac{\text{secção molhada}}{\text{perímetro molhado da secção}} \text{ (m)} \quad (2.26)$$

$S_m$  – Superfície molhada da secção ( $m^2$ ).

Os dispositivos longitudinais devem ser dimensionados para a recolha das águas superficiais e de eventuais escorrências por infiltração dos taludes. A secção transversal mais favorável para os canais é a semicircular, contudo este não deve ser o único critério na escolha do tipo de secção visto que a solução economicamente viável deve garantir um compromisso de minimização de custos de construção e os custos de exploração, entre outras condicionantes.

A inclinação longitudinal mínima das valetas revestidas é de 0,3% e das valetas não revestidas é de 0,5%, sendo que sempre que possível a inclinação deve ser superior a 1%, de modo a garantir o correto escoamento.

Devem evitar-se mudanças bruscas no alinhamento em planta e na inclinação do perfil longitudinal. Devido a reduções de inclinação podem ocorrer depósitos de materiais e os aumentos de inclinação podem provocar erosão ou destruição do dispositivo.

A localização e geometria das valetas, ver Figura 2.10, devem garantir a segurança dos veículos, quando em caso de acidente saem da faixa de rodagem, e garantir a correta drenagem sem comprometer a via e os terrenos contíguos, enquadrando-se sempre na paisagem onde se inserem.



Figura 2.10 – Valeta lateral de plataforma (Jacob, 2018)

### 2.5.5 Dimensionamento de coletores e valetas

O dimensionamento de coletores e valetas realiza-se de acordo com a sequência seguinte:

- Determinação do caudal afluyente através da expressão racional;
- Cálculo do tempo de percurso:

$$t_p = \frac{L}{U \times 60} \quad (2.27)$$

onde:

$t_p$  – Tempo de percurso (min);

$L$  – Comprimento do coletor (m);

$U$  – Velocidade (m/s);

- Determinação do caudal admissível através da expressão de Manning-Strickler.

### 2.5.6 Dimensionamento de sumidouros

Os sumidouros devem ser dimensionados de modo a garantir que apenas uma pequena quantidade de água não é recolhida. Esta eficiência varia em função da inclinação, tanto longitudinal como transversal do arruamento, e da geometria adotada para a secção de entrada do sumidouro. Assim, é comum considerar que um sumidouro apresenta eficiência hidráulica quando o rácio entre os caudais captados e os afluentes varia entre 0,75 e 0,85.

No caso do escoamento de águas de valetas para períodos de retorno de 2 a 10 anos devem ponderar-se em paralelo os seguintes critérios:

- Limitação da velocidade do escoamento superficial a 3m/s, de modo a evitar o desgaste do pavimento;
- Altura máxima da lâmina de água junto do passeio deve ser a altura do lancil deduzida de 2cm;
- Limitação da largura máxima da lâmina de água a 1m junto aos lancis dos passeios.

O dimensionamento de sumidouros deve ainda ter em linha de conta o afastamento máximo das caixas de visita, que não deve ser superior a 60m de acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais (1995).

Este tipo de órgão de drenagem aplica-se mais em meio urbano onde existem passeios, ver Figura 2.11.



Figura 2.11 – Sumidouro junto a lancil em meio urbano (Neves, 2020)

## 2.6 DRENAGEM TRANSVERSAL

### 2.6.1 Introdução

A drenagem transversal inclui a definição de passagens hidráulicas, coletores transversais e dispositivos de recolha, ligação e derivação.

Neste tipo de drenagem é fundamental a caracterização dos aspetos hidráulicos, devido à análise dos aspetos técnico-económicos das soluções, de modo a avaliar as suas dimensões e os aspetos de natureza ambiental. Os aspetos hidráulicos dizem respeito à caracterização das condições de escoamento associadas às formas de entrada e saída, à orientação e posicionamento em planta e perfil, à secção transversal da passagem hidráulica (PH), comprimento e inclinação da conduta, à natureza dos solos das áreas circundantes, às características do material do leito, aos níveis de água a montante e jusante e à sobrelevação admissível da superfície livre a montante. Os aspetos económicos prendem-se com a definição dos riscos admissíveis para a obra e para a sua envolvente, com a definição de soluções que minimizam o seu custo. Os aspetos de natureza ambiental dizem respeito a possíveis alterações das condições de escoamento nos cursos de águas, podendo levar a alterações ecológicas no sistema.

### 2.6.2 Conceção

De modo a seleccionar o tipo de obra de drenagem transversal, devem ser tidos em conta vários fatores, nomeadamente:

- A definição da secção de escoamento e o tipo de dispositivo, em função da magnitude de caudais de projeto;
- Características hidráulicas da obra, como os coeficientes de rugosidade e de perda de carga e a geometria da secção;
- Definição do número de condutas da travessia, com base na largura do leito do curso de água;
- Altura disponível entre a cota de projeto e a cota de fundo do talvegue do leito - parte mais profunda do leito do rio;
- Características geotécnicas de fundação da obra e definição dos dispositivos de estabilização dos solos em função da sua rapidez e facilidade de colocação em obra, resistência aos agentes químicos e ao choque.

### 2.6.3 Localização em planta e perfil

A obra de travessia hidráulica deve realizar-se, sempre que possível, na direção do curso de água, contudo em casos de impossibilidade deve garantir-se a conservação em boas condições do escoamento a montante e a jusante e a proteção das margens de encaixe do novo leito e dos tramos em escavação, de acordo com a Figura 2.12 e a Figura 2.13.

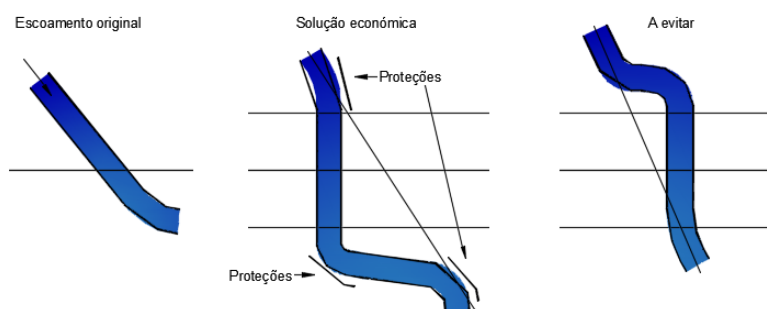


Figura 2.12 – Retificação de curso de água para localização de travessia hidráulica

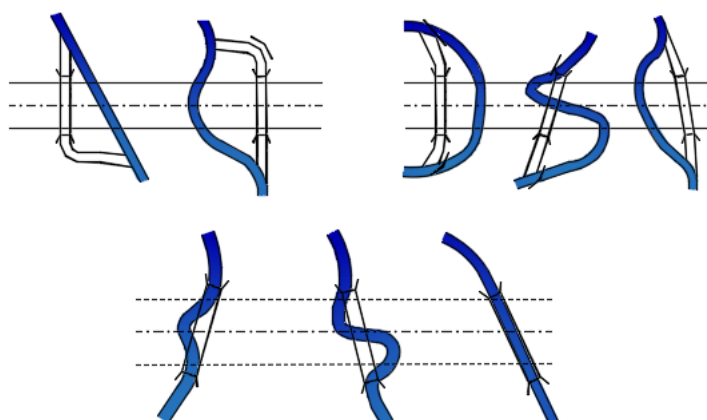


Figura 2.13 – Configurações de localização relativas a passagem hidráulica – curso de água

Fonte: Adaptadas do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

As condições do perfil de passagem hidráulica dependem da inclinação longitudinal do curso de água e dos condicionalismos impostos pelo perfil transversal da estrada.

De modo geral pode definir-se como regra a colocação das travessias do seguinte modo:

- O perfil da passagem hidráulica pode fixar-se ao declive do curso de água, no caso de a inclinação do leito do curso de água variar entre 0,5% a 6%;
- Adotar estruturas de dissipação de energia mantendo a inclinação do curso de água, no caso de a inclinação do leito do curso de água ser superior a 6%, de acordo com a Figura 2.14;

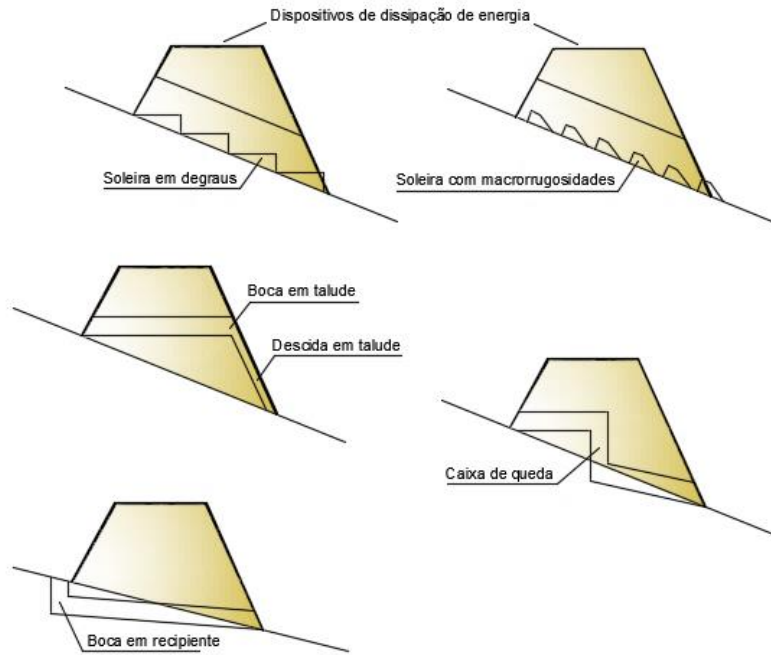


Figura 2.14 – Esquema de soluções tipo para a redução da inclinação longitudinal

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

- Adotar inclinação inferior à do curso de água, com recurso ao desenvolvimento da obra em aterro relativo ao terreno natural, ou através de introdução da boca de entrada a cota inferior à do terreno natural realizando-se a escavação e queda a montante, no caso de a inclinação do leito do curso de água ser superior a 6%;
- Introduzir caixas de queda ao longo da passagem hidráulica, no caso de a inclinação do leito do curso de água ser superior a 6%;
- Aprofundar o leito por recurso a limpeza do fundo de modo a aproveitar o máximo de declive, no caso de a inclinação longitudinal do leito ser muito baixa, como demonstra a Figura 2.15;

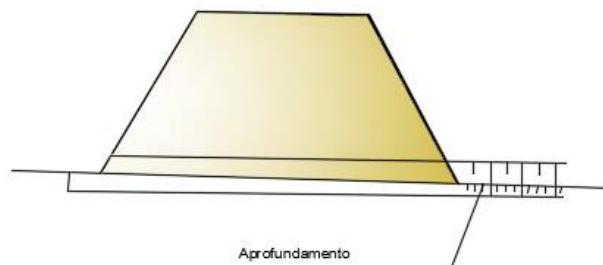


Figura 2.15 – Esquema de solução tipo para pequenas inclinações do curso de água

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

- Adotar condutas de menor diâmetro/altura, mas em maior número, no caso de o perfil longitudinal da via obrigar a um rebaixamento da obra de travessia;
- Aprofundar o terreno natural a jusante, no caso de o perfil longitudinal da via obrigar a um rebaixamento da obra de travessia;
- Adotar passagens em sifão invertido ou ponte canal, em situações limite, no caso de o perfil longitudinal da via obrigar a um rebaixamento da obra de travessia.

Geralmente as inclinações das passagens hidráulicas situam-se entre os 1 e 3%, privilegiando-se as PH's simples de betão ou PP, raros casos com PH's duplas e muito raros com PH's triplas.

#### **2.6.4 Condições de escoamento**

As condições de escoamento são fundamentais para o dimensionamento económico de passagens hidráulicas. Torna-se fundamental determinar as condições de escoamento a montante da boca de entrada e as velocidades de escoamento relativas aos caudais de projeto, de modo a definir o perfil da passagem hidráulica, a dimensionar o tipo de proteções a adotar e a avaliar os impactos ambientais.

A determinação do tipo de escoamento é fundamental para o estabelecimento da altura de água a montante e depende da relação entre a altura de água e a altura crítica do escoamento quando em regime uniforme. Assim, caso a altura uniforme seja superior à altura crítica o escoamento ocorre em regime lento e o controlo dá-se a jusante, em caso contrário o regime é rápido e o controlo ocorre a montante.

Os escoamentos com controlo a montante ocorrem geralmente quando o nível de água a montante provoca a submergência da entrada e o escoamento ocorre em superfície livre. Nestes casos a rugosidade, o comprimento da conduta e as condições em que ocorre o escoamento não influenciam a capacidade de vazão do coletor, ver Figura 2.16.

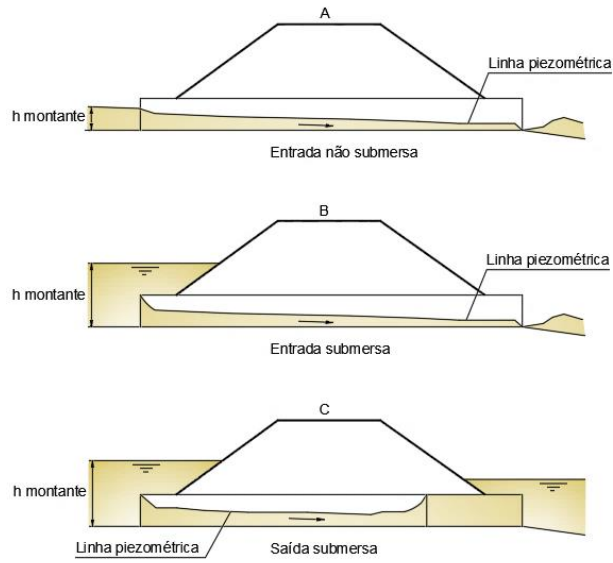


Figura 2.16 – escoamento com controlo a montante

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

Nos escoamentos com controlo a jusante, as perdas de carga junto à secção de entrada, a altura de água a montante e a jusante, a rugosidade, o diâmetro, o comprimento e a inclinação da conduta influenciam a capacidade de vazão do coletor, ver Figura 2.17. Nestes casos, se a jusante da secção de saída o escoamento se processar em regime lento e na conduta se processar em regime rápido, deverão ser criadas condições que minimizem o regime rápido dentro da conduta, de modo a evitar choque hidráulico.

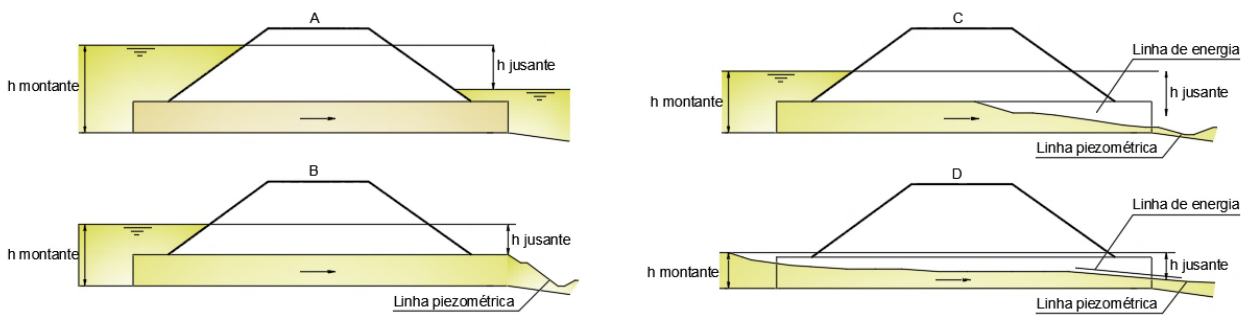


Figura 2.17 – escoamento com controlo a jusante

Fonte: Adaptado do Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação (IEP, 2001)

### 2.6.5 Critérios de dimensionamento

O dimensionamento dos dispositivos de drenagem transversal consiste em:

- Selecionar o tipo de estrutura mediante as condições de escoamento e os condicionalismos de localização em planta e em perfil;
- Verificar se o dispositivo selecionado apresenta vazão suficiente para o caudal de projeto;
- Compatibilizar a altura de água a montante com altura admissível, sendo que a altura a montante não deverá ser mais do dobro da altura da passagem hidráulica;
- Avaliar necessidade de implementação de proteções a montante a jusante, de modo a controlar a erosão.

### 2.6.6 Dimensionamento de passagens hidráulicas

O dimensionamento dos dispositivos de drenagem transversal consiste em:

- Calcular o caudal afluente seguindo-se o descrito no Capítulo 2.4 - Caudais de Projeto;
- Predefinir a secção a adotar;
- Verificar se o caudal de vazão da estrutura predefina é superior ao caudal afluente;
- Verificar se a altura de água obtida na secção predefinida é inferior à altura admissível;
- Prever eventuais proteções a montante e a jusante de modo a controlar os efeitos da erosão.

Para determinar a altura crítica são utilizadas as seguintes expressões, em função do tipo de secção predefinida.

Secção circular:

$$Q_a = \sqrt{g} \times \left( (\theta - \sin \theta) \times \frac{D^2}{8} \right) \times \sqrt{\frac{(\theta - \sin \theta) \times \frac{D^2}{8}}{D \times \sin \frac{\theta}{2}}} \quad (2.28)$$

Secção retangular:

$$Q_a = \sqrt{g} \times (b \times y) \times \sqrt{y} \quad (2.29)$$

## CAPÍTULO 2

onde:

$Q_a$  – Caudal admissível ( $m^3/s$ );

$g$  – Aceleração da gravidade ( $9,81 m^2/s$ );

$\theta$  – Ângulo ao centro,  $\theta = 2 \times \cos^{-1} \left( 1 - \frac{2y}{D} \right)$  (rad);

$y$  – Altura da lâmina de água (m);

$b$  – Base da secção retangular (m);

$D$  – Diâmetro da secção circular (m).

### 2.6.7 Perdas de carga contínuas e localizadas

Nos escoamentos com controlo à entrada, a energia do escoamento a montante é dada pela soma da energia do escoamento da secção de controlo com as perdas de carga à entrada.

Quando o escoamento se processa com controlo à saída, a energia do escoamento é dada pela soma da energia do escoamento a jusante com perdas contínuas e localizadas (entrada, saída e possíveis singularidades).

O valor da perda de carga contínua de uma passagem hidráulica é obtido pela expressão geral:

$$AH_c = L \frac{f U^2}{D 2g} \quad (2.30)$$

onde:

$AH_c$  – Perda de carga contínua (m);

$L$  – Comprimento da conduta;

$D$  – Diâmetro da secção transversal (m);

$U$  – Velocidade média do escoamento (m/s);

$f$  – Fator de resistência;

$g$  – Aceleração da gravidade ( $m^2/s$ ).

O fator de resistência pode ser obtido pela fórmula de Colebrook-Whit:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (2.31)$$

onde:

$Re$  – Número de Reynolds;

$\varepsilon$  – Rugosidade absoluta das perdas na conduta;

Em alternativa pode ser aplicado ábaco de Moody.

No caso do escoamento se processar em superfície livre é necessário conhecer os seus parâmetros ao longo da conduta. Contudo, se o regime for considerado uniforme e permanente, para a determinação do valor das perdas contínuas aplica-se a expressão geral das perdas de carga. Se o regime não for uniforme e permanente terá de se recorrer ao cálculo numérico em trechos simples.

Nas condutas metálicas com paredes corrugadas (tipo ARMCO) podem ser utilizadas, segundo Drake (1966), as fórmulas empíricas seguintes quando não se dispuser do valor do fabricante para o coeficiente de resistência,  $f$ , e para o coeficiente de rugosidade da fórmula de Manning Strickler,  $n$ .

$$f = 0,0978D^{-0.478} \quad (2.32)$$

$$n = 0,0280D^{-0.075} \quad (2.33)$$

onde:

$f$  – Coeficiente de resistência;

$n$  – Coeficiente de rugosidade;

$D$  – Altura da secção transversal (m).

## 2.7 DRENAGEM PROFUNDA

### 2.7.1 Introdução

As águas subterrâneas são por definição as que ocorrem abaixo do nível freático em solos e formações totalmente saturadas. Ao nível das infraestruturas rodoviárias estas águas constituem um grave problema, visto que provocam escorregamentos de taludes instáveis, criam instabilidade nas fundações de aterros com alterações do nível freático, potenciam o aparecimento de cavidade cársticas e dificultam a construção de túneis e realização de escavações abaixo do nível freático.

Um sistema de drenagem profunda é um conjunto formado por uma camada drenante, com características de permeabilidade e estabilidade definidas, e pelos drenos. Os drenos são valas repletas de material granular permeável que permitem a condução de água para o exterior através de um tubo, ver Figura 2.18.

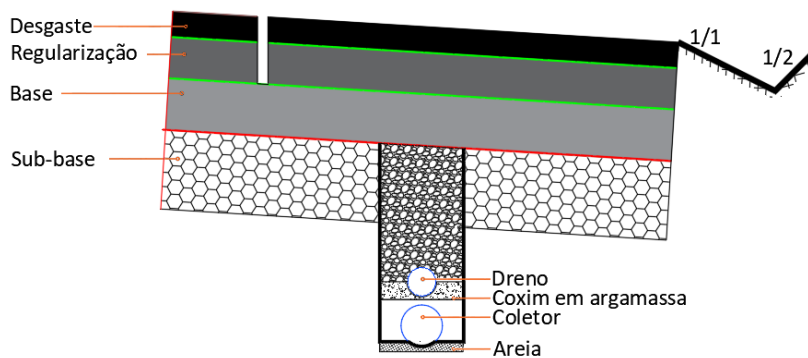


Figura 2.18 – Esquema elucidativo de dreno profundo num pavimento rodoviário

Caso o sistema de drenagem profunda não seja corretamente dimensionado ou construído, acarreta implicações diretas na vida útil da plataforma e, conseqüentemente, nos custos de manutenção e/ou reparação.

### 2.7.2 Conceção

A instalação dos drenos deve realizar-se em pontos criteriosamente escolhidos, de modo a proteger toda a plataforma, com o objetivo de:

- Interromper ou desviar as águas subterrâneas antes de atingem o leito do pavimento;
- Rebaixar o nível freático, evitando que por fenómenos de capilaridade o pavimento seja afetado;
- Remover a água livre no solo de fundação.

Em infraestruturas rodoviárias, a drenagem profunda pode ser realizada com recurso a drenos longitudinais, drenos transversais e bases drenantes.

Os drenos longitudinais são valas que se dispõem paralelamente ao eixo da via, sob as valetas. Estas valas são preenchidas por material drenante com alta permeabilidade e de granulometria adequada. O enchimento com material drenante deve ser realizado de modo a não permitir a contaminação e a segregação do mesmo, e a sua escolha deve ter em linha de conta a estabilidade e capacidade de vazão, uma vez que este material se encontra exposto a fenómenos de erosão e deve apresentar permeabilidade superior, comparativamente, ao material envolvente, ver Figura 2.19.

No fundo da vala é instalada um tubo perfurado, normalmente de diâmetros variáveis entre 150mm a 200mm, com inclinação mínima de 0,25% de modo a evitar a acumulação de sedimentos.

Deve ser realizada uma separação entre o terreno e o dreno, com recurso a um geotêxtil de modo a permitir a filtrar e impedir a entrada de materiais na tubagem. O geotêxtil deve apresentar características específicas ao punçoamento e à tração e a sua instalação em obra deve ser cuidada, de modo a evitar roturas e deformações excessivas, sendo geralmente utilizado de 200gr/m<sup>2</sup> ou 400gr/m<sup>2</sup>.

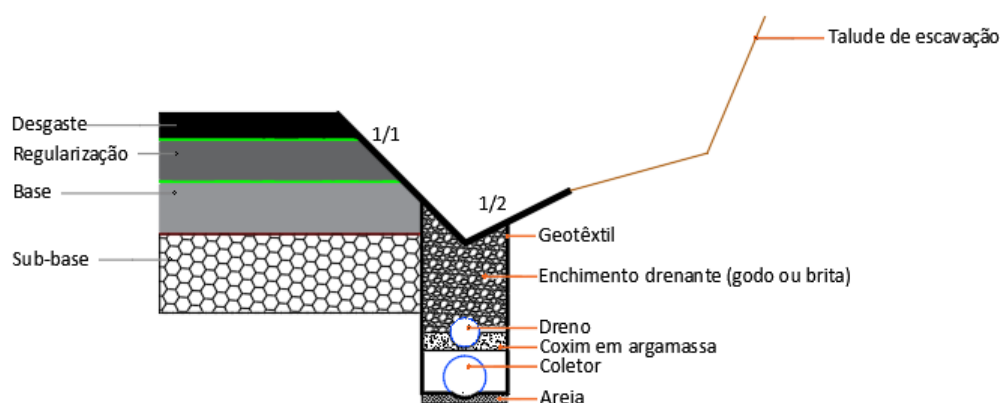


Figura 2.19 – Esquema tipo de dreno com coletor

Os drenos transversais são instalados quando os drenos longitudinais não apresentam capacidade de vazão suficiente, pelo deverá que ser realizada instalação dos drenos em espinha com a inclinação necessária. Os drenos transversais são semelhantes aos drenos longitudinais, contudo não possuem, geralmente, tubo coletor ou podem ser constituídos por filtros sintéticos. Em geral são instalados em zonas de passagem de escavação para aterro ou locais que apresentam baixa compactação.

Devem ser especificadas as características dos materiais granulares e geossintéticos, nomeadamente permeabilidade, granulometria, diâmetros, resistências à tração e ao punçoamento, entre outras.

Não deverá ser ignorada a necessidade de criar acessos que possibilitem a inspeção dos drenos e a sua manutenção.

Além das soluções anteriores, existem ainda a possibilidade de aplicação de bases drenantes sob o pavimento. Esta solução é aplicada em pavimentos de betão, dado que a infiltração de água ocorre pelas juntas das lajes e no contacto entre as bermas e a faixa de rodagem, sendo recolhida pela base drenante e eliminada através de um tubo longitudinal.

### **2.7.3 Condicionalismos**

Um dos maiores desafios é a localização de drenos em fase de projeto, visto que raramente se conhece com exatidão nesta fase as condições do terreno, sobretudo dos níveis freáticos e nascentes. Assim é durante a fase de obra que se determina a posição mais favorável face às características geológicas e geotécnicas encontradas. Deste modo, é fundamental que durante a sua instalação estejam articuladas as equipas de projeto e de obra, de modo a assegurar a correta localização dos drenos e a fiscalização dos trabalhos garantindo a sua correta instalação perante as condições do local.

## CAPÍTULO 3

### CARACTERIZAÇÃO DOS ÓRGÃOS DE DRENAGEM

#### 3.1 INTRODUÇÃO

Os sistemas de drenagem superficial em obras rodoviárias são elementos lineares dispostos longitudinal ou transversalmente ao eixo da via.

A drenagem de uma via rodoviária é constituída pelo sistema de drenagem longitudinal, composto pelos órgãos dispostos paralelamente ao eixo da via, pelo sistema de drenagem transversal, composto pelas passagens hidráulicas e pelo sistema de drenagem profundo, composto por drenos.

Os órgãos de drenagem que constituem o sistema de drenagem de águas pluviais são as valetas de plataforma, as valetas de bordadura de aterros, as valetas de banquetas, as valas de crista, as valas pé de talude, as caleiras e os coletores longitudinais. São geralmente canais de secção triangular, trapezoidal, circular ou semicircular e de coletores de secção circular.

Os dispositivos base do sistema de drenagem transversal são as passagens hidráulicas e os coletores transversais.

No projeto de drenagem de águas pluviais de uma via rodoviária são ainda previstos elementos complementares, associados aos sistemas de drenagem longitudinal ou transversal e que, geralmente, funcionam como elementos de ligação entre ambos, sendo eles dispositivos de entrada, de saída e de recolha, e as câmaras de visita, de ligação ou de derivação. Para o correto funcionamento de drenagem terá que existir sempre uma interligação entre os órgãos longitudinais, transversais e enterrados.

#### 3.2 MATERIAIS UTILIZADOS

Nos sistemas de drenagem de águas pluviais, os principais fatores de escolha do material a adotar são de ordem económica e facilidade de instalação.

O material mais utilizado em Portugal para os dispositivos longitudinais é o betão. Para a drenagem transversal é comum optar-se por soluções em polipropileno (PP) ou por soluções pré-fabricadas do tipo *box-culvert*.

Em Portugal os materiais devem seguir as recomendações do Caderno de Encargos Tipo Obra da Infraestruturas de Portugal (CETO), Capítulo 14.02 – Drenagem, Características dos Materiais.

Em Angola é comum optar-se por soluções em estruturas de aço corrugado do tipo ARMCO para passagens hidráulicas, devido à escassez e custo de materiais como o betão e o PP.

### 3.3 TIPOS DE ÓRGÃOS DE DRENAGEM

#### 3.3.1 Longitudinais

A drenagem longitudinal garante o escoamento das águas superficiais da plataforma, garantindo a segurança rodoviária e a proteção do pavimento e dos solos de fundação.

Pode definir-se como órgãos longitudinais, a rede de canais que se desenvolve longitudinalmente ao longo do eixo da via, com secção e tipo de revestimento variável em função do sistema de drenagem.

De seguida serão apresentados os órgãos principais que constituem o sistema de drenagem longitudinal, nomeadamente as valetas de plataforma laterais, as valetas de bordadura em aterro, as valetas de banqueteta, as valas de crista de talude, as valas de pé de talude e as descidas de talude.

#### Valetas de plataformas laterais

Canais de secção triangular, ver Figura 3.1 e Figura 3.2, trapezoidal ou semicircular, não revestidos ou com revestimento em betão. Instalam-se entre bermas e taludes de escavação e têm como função a recolha das águas superficiais que caem na plataforma e nos taludes de escavação.



Figura 3.1 – Valeta de plataforma lateral de secção triangular revestida a betão (Neves, 2020)

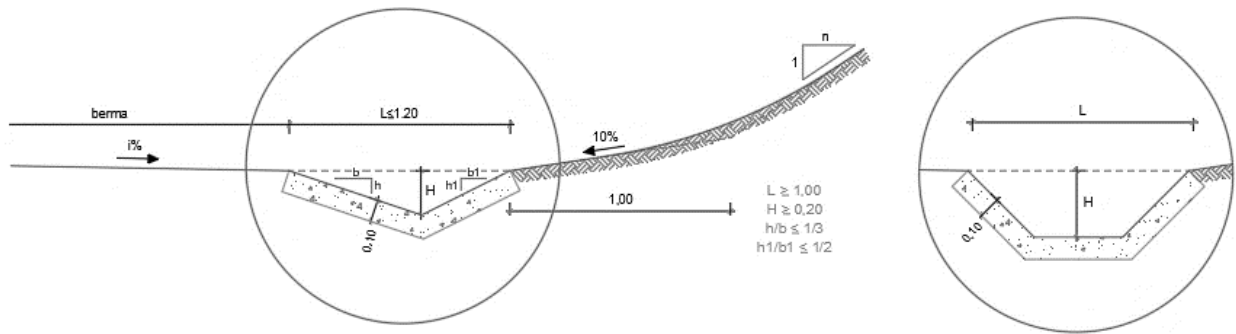


Figura 3.2 – Esquema de valeta de plataforma lateral de secção triangular ou trapezoidal revestida com betão, com abertura  $\leq 1,20\text{m}$  (IEP, 2001)

### Valetas de bordadura em aterro

Canais geralmente de secção semicircular, com revestimento em betão, ver Figura 3.3. e Figura 3.4. São instaladas na bordadura, ou seja, no limite da berma, da plataforma em aterro e a sua instalação tem como finalidade evitar que as águas que caem na plataforma escoem para os taludes de aterro, de modo a mitigar os problemas de erosão do talude, ver Figura 3.3.



Figura 3.3 – Valeta de bordadura em aterro (Neves, 2020)

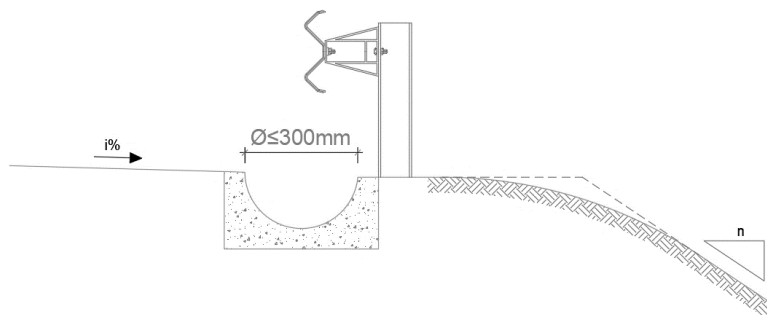


Figura 3.4 – Esquema de valeta de bordadura de secção semicircular revestida com betão (IEP, 2001)

**Valetas de banqueteta**

Canais normalmente de secção triangular, sem revestimento ou revestidos a betão, sendo que quando revestidos é comum adotar-se secções trapezoidais ou semicirculares, ver Figura 3.5 e Figura 3.6. Sendo que as secções mais comuns são as em meia cana de betão.

São instaladas no cruzamento da banqueteta com o talude de escavação que fica sobre ela e têm como função a recolha das águas que escorrem pelo talude e as que caem sobre a banqueteta, ver Figura 3.6.

As valetas de banqueteta não revestidas só devem ser equacionadas quando executadas em maciços rochosos não fraturados e que não apresentem risco de instabilidade. Nos restantes casos deve prever-se revestimento em betão e sempre que possível moldagem *in situ*.



Figura 3.5 – Valeta de banqueteta semi-circular revestida com betão (Jacob, 2018)

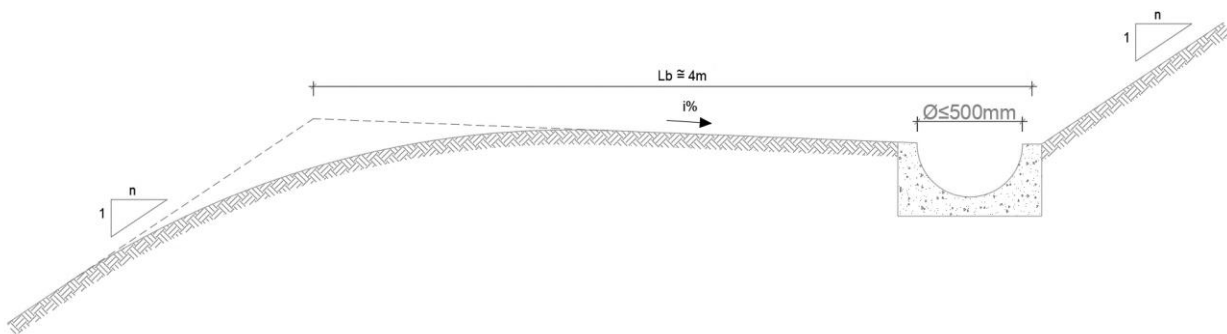


Figura 3.6 – Esquema de valeta de banqueteta semi-circular revestida com betão (IEP, 2001)

### Valas de crista de talude

Canais geralmente de secção triangular, trapezoidal ou semicircular, não revestidos ou com revestimento em betão. Contudo as mais utilizadas são as secções tipo meia cana em betão, ver Figura 3.7 e Figura 3.8.

São instalados no topo dos taludes de escavação com o intuito de recolher as águas superficiais provenientes de terrenos adjacentes, ver Figura 3.7. A sua instalação é fundamental para prevenir a erosão, de modo a proteger a estabilidade dos taludes de escavação. À semelhança das valetas de banqueteta, as valas de crista de talude não revestidas só devem ser utilizadas em zonas de maciços rochosos não fraturados e que não apresentem risco de instabilidade. Nos restantes casos deve prever-se, sempre que possível, moldagem *in situ* e as valas deverão ser revestidas a betão.



Figura 3.7 – Vala crista semi-circular revestida com betão (Nortejuvil Sociedade de Construção, 2020)

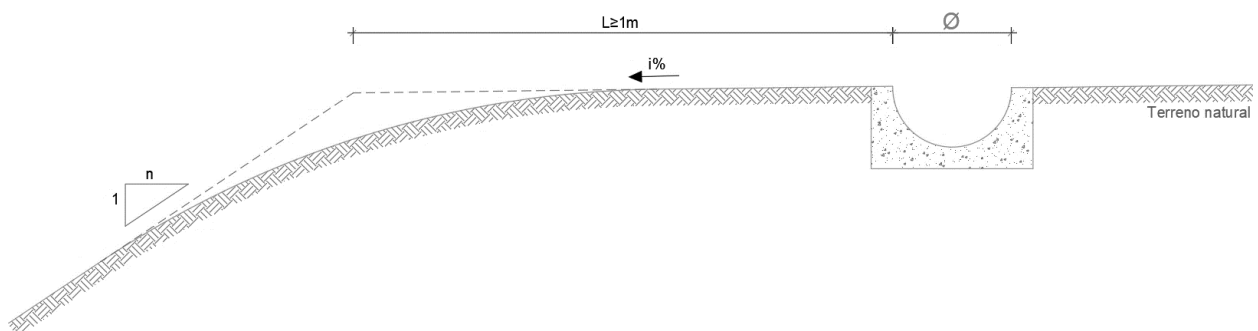


Figura 3.8 – Esquema de valeta de crista semi-circular revestida com betão (IEP, 2001)

### Valas de pé-de-talude

Canais, geralmente, de secção trapezoidal não revestidos, ver Figura 3.9, ou com revestimento em betão, enrocamento ou enrocamento argamassado. Admitem ainda secção semicircular no caso de serem revestidos a betão. Localizam-se na base dos taludes de aterro e têm como finalidade impedir que as águas que caem sob a plataforma e sob os taludes de aterro sejam escoadas pelos terrenos adjacentes. Permitem ainda evitar que as águas superficiais escoadas sobre o terreno natural, quando for favorável a sua drenagem para o fundo do talude devido à inclinação, possam provocar erosão e instabilidade na base do talude.

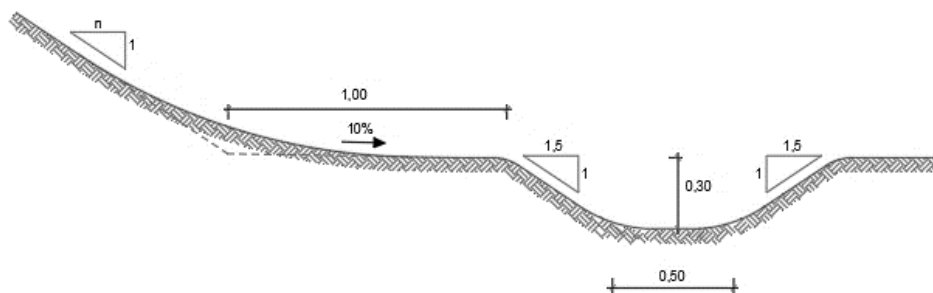


Figura 3.9 – Esquema de vala pé de talude não revestida (IEP, 2001)

### Descidas de talude

As descidas de talude são fundamentais para o escoamento das águas superficiais, sendo que estabelecem a ligação entre valas de crista, valetas de plataforma, valas de pé de talude e valas de bordadura de aterro. Utilizam-se quando a topografia não permite outras alternativas, ou para diminuir o caudal afluente a um determinado órgão de modo a otimizar a solução.

Trata-se de canais, normalmente executados com secção semicircular, ver Figura 3.10 e Figura 3.11 podendo também apresentar secções triangulares ou trapezoidais. Neste tipo de canal a moldagem *in situ*, é uma opção mais vantajosa.



Figura 3.10 – Descida de talude semi-circular em betão (Neves, 2020)

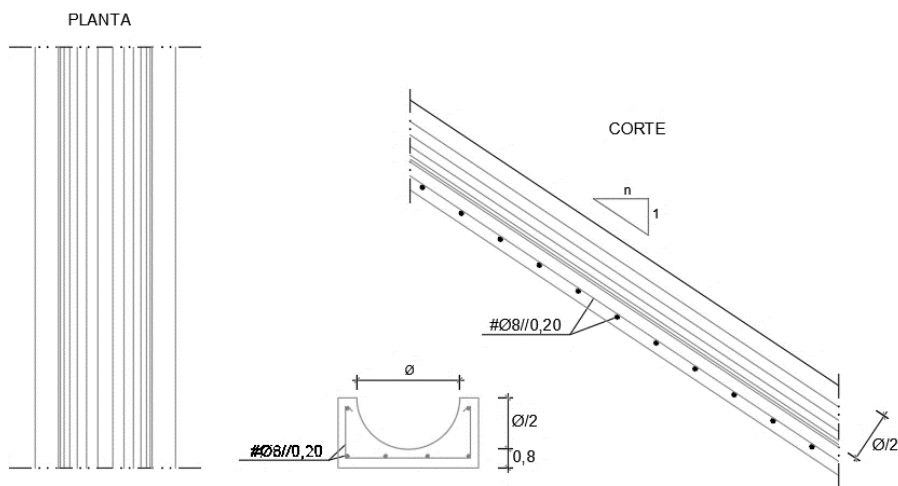


Figura 3.11 – Planta, corte e secção tipo de descidas de talude semi-circular em betão (IEP, 2001)

As peças trapezoidais pré-fabricadas, com encaixe de sobreposição que forma degrau, são frequentes dado que permitem uma boa acomodação ao talude e garantem dissipação de energia dada a macro-rugosidade. Quando são utilizados canais em meia cana pré-fabricados devem ser sempre assentes sobre massame de betão em toda a sua extensão.

### 3.3.2 Transversais

#### Passagens hidráulicas

*Box-culverts* é o termo inglês utilizado para referirmos estruturas enterradas, em regra constituídas por várias peças retangulares ou quadradas de betão armado (pré-fabricados ou betonados in situ), ver Figura 3.12. A utilização de *box-culverts* em drenagem permite materialização de passagens hidráulicas, ver Figura 3.13. São soluções muito comuns dada a sua facilidade de montagem e economia.



Figura 3.12 – Montagem de *box-culvert* (Motaengil, 2020)



Figura 3.13 – Passagem hidráulica simples do tipo *box-culvert* (Santos, 2018)

A tubagem pré-fabricada de betão de secção circular, Figura 3.14, apresenta também instalação rápida e económica, contudo as dimensões comerciais são limitadas, quando comparado com as gamas de dimensões disponíveis nas *box-culvert*.

Em Portugal, foram muito utilizados os tubos metálicos pré-fabricados em aço corrugado (ARMCO), ver Figura 3.15, durante as décadas de 80 e 90. Contudo dado o historial de risco de abatimento do terreno e consequente diminuição da segurança rodoviária encontram-se em desuso, já em Angola é uma solução bastante comum por conveniência. Em Portugal tem-se verificado a reabilitação das passagens hidráulicas ARMCO de modo a evitar colapsos e acidentes.



Figura 3.14 – Passagem hidráulica simples em tubo pré-fabricado de betão (Sousa, 2016)

As passagens hidráulicas podem ser simples, duplas ou tripas, tendo em conta o número de secções que a constituem, ver Figura 3.13 a Figura 3.16.



Figura 3.15 – Passagem hidráulica tripla em ARMCO (Jacob, 2018)



Figura 3.16 – Passagem hidráulica dupla do tipo *box-culvert* (Santos, 2018)

Apresenta-se de seguida os pormenores tipo, planta, alçado e corte longitudinal de uma passagem hidráulica simples de secção circular, ver Figura 3.17 a Figura 3.19.

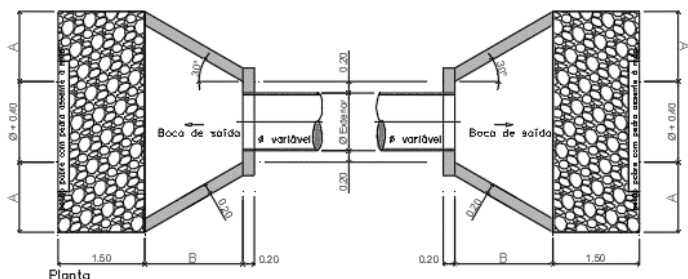


Figura 3.17 – Planta de passagem hidráulica simples de secção circular (IEP, 2001)

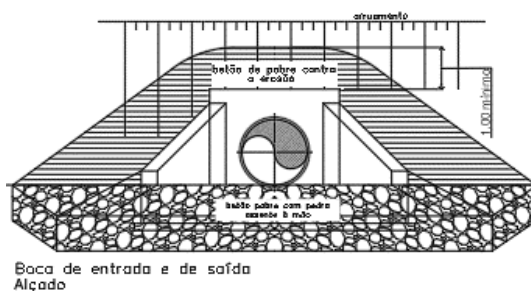


Figura 3.18 – Alçado de passagem hidráulica simples de secção circular (IEP, 2001)

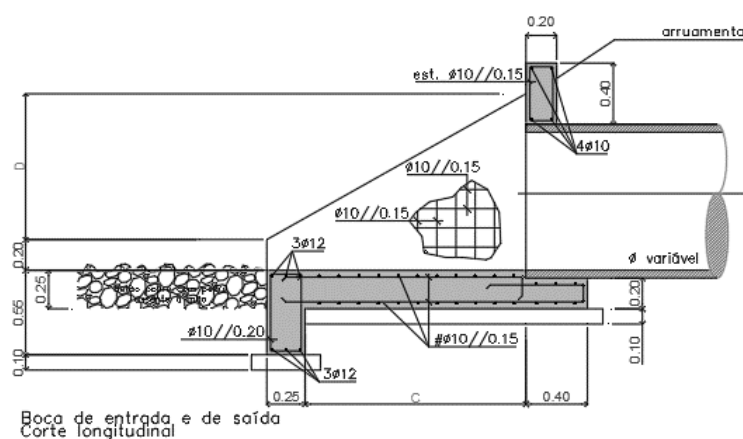


Figura 3.19 – Corte Longitudinal de passagem hidráulica simples de secção circular (IEP, 2001)

O correto dimensionamento destes dispositivos implica além do estudo hidráulico das bacias hidrográficas para definição das secções, o estudo das cargas verticais e as condições de assentamento.

### Bocas de entrada e saída

As bocas asseguram a entrada e saída dos caudais escoados através das passagens hidráulicas transversais. Em função das condições do perfil transversal, da localização da passagem hidráulica, das inclinações do terreno natural e da tubagem e das cotas da plataforma podem identificar-se, bocas na base do talude, bocas em talude de aterro e bocas em escavação.

### 3.3.3 Profundos

A drenagem profunda ou subterrânea tem como objetivo a recolha de águas provenientes de infiltrações ou da percolação de águas subterrâneas.

De modo a garantir um correto funcionamento da via, o dimensionamento do sistema de drenagem profundo deve garantir o desvio das águas subterrâneas antes destas atingirem o leito do pavimento, permitir o rebaixamento do nível freático evitando que o pavimento seja afetado por capilaridade e possibilitar a eliminação das águas contidas no solo de fundação.

#### Drenos de rebaixamento de níveis freáticos

Drenos instalados sob valetas revestidas com o objetivo de rebaixar os níveis freáticos na plataforma e proximidades do leito do pavimento. A sua utilização permite evitar alterações no estado hídrico dos solos de fundação, que poderiam comprometer a capacidade de suporte.

Estes drenos são instalados no fundo da vala, ver Figura 3.20 , sendo que a profundidade deverá ser tal que permita garantir o rebaixamento do nível freático. Podem ser utilizados drenos perfurados ou de material poroso envolvido por material drenante de granulometria adequada, ou em alternativa utilizados materiais geocompósitos.

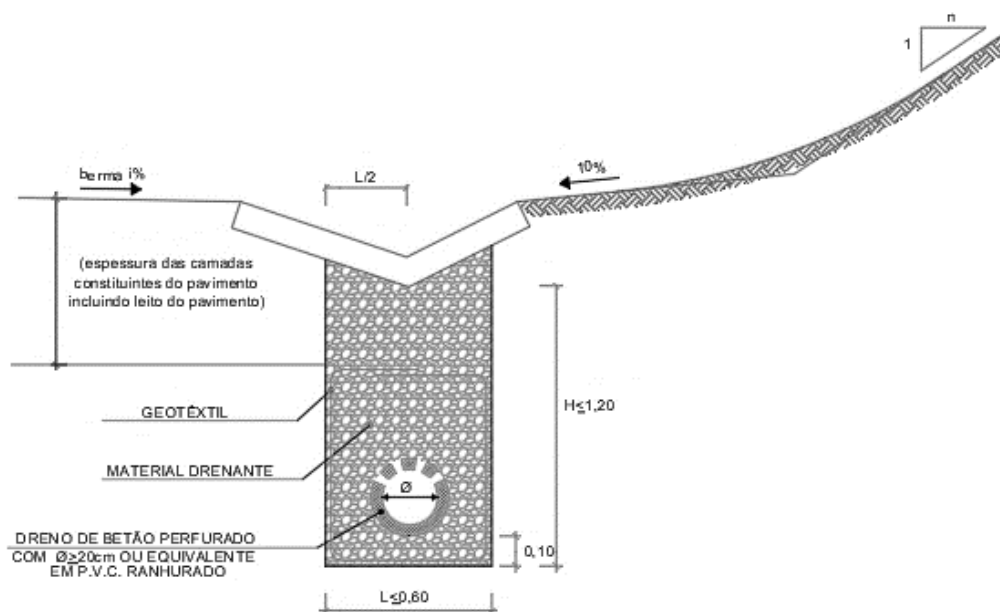


Figura 3.20 – Esquema de dreno simples de rebaixamento de nível freático, com altura  $\leq 1,20\text{m}$  (IEP, 2001)

No contacto entre o dreno e o material drenante deve ser sempre instalado um geotêxtil com características adequadas, ver Figura 3.21. O material drenante deve ter permeabilidade superior à do solo envolvente e deve ter granulometria que não prejudique a percolação.



Figura 3.21 – Execução de dreno de rebaixamento (Jacob, 2018)

Geralmente os drenos apresentam diâmetros entre 150mm e 200mm e a sua inclinação longitudinal mínima recomendável é de 0,25%, de modo a garantir que não existe deposição de sedimentos. São admitidos tubos de calibre inferior, contudo não são recomendados devido a questões de manutenção e limpeza.

### **Drenos de interceção longitudinal**

Drenos instalados sob valetas revestidas, de modo a assegurarem a drenagem interna dos pavimentos e evitar a interceção de águas subterrâneas nos maciços escavados, ver Figura 3.22. São, geralmente, realizados com recurso ao preenchimento de uma vala com material drenante envolvido em geotêxtil, contudo no caso de não existirem níveis freáticos na proximidade do pavimento, deverá ser executada uma camada impermeável para regularização da base da vala para assentamento do coletor, ver Figura 3.23. A sua utilização permite evitar alterações no estado hídrico dos solos de fundação, que poderiam comprometer a capacidade de suporte.

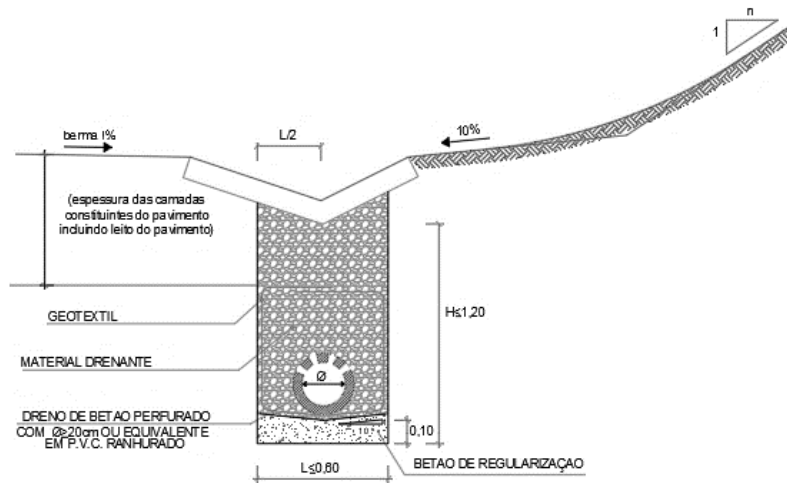


Figura 3.22 – Esquema de dreno de intercepção longitudinal, com altura  $\leq 1,20\text{m}$  (IEP, 2001)



Figura 3.23 – Dreno de intercepção longitudinal (Neves, 2020)

### Ecrãs drenantes em elementos pré-fabricados

Drenos longitudinais constituídos por duas camadas de geotêxtil, envolvendo uma armadura de plástico rígido, podendo ter associado um coletor, ver Figura 3.24.

São, geralmente, instalados junto ao limite do pavimento, de modo a captar as águas de infiltração provenientes da estrutura do pavimento, berma ou fundação. Por vezes estes tipos de drenos aparecem associados a drenos de rebaixamento ou drenos de intercepção, mesmo não tendo como objetivo a recolha de águas subterrâneas ou rebaixamento dos níveis freáticos, dado apresentam a vantagem de serem mais esbeltos.

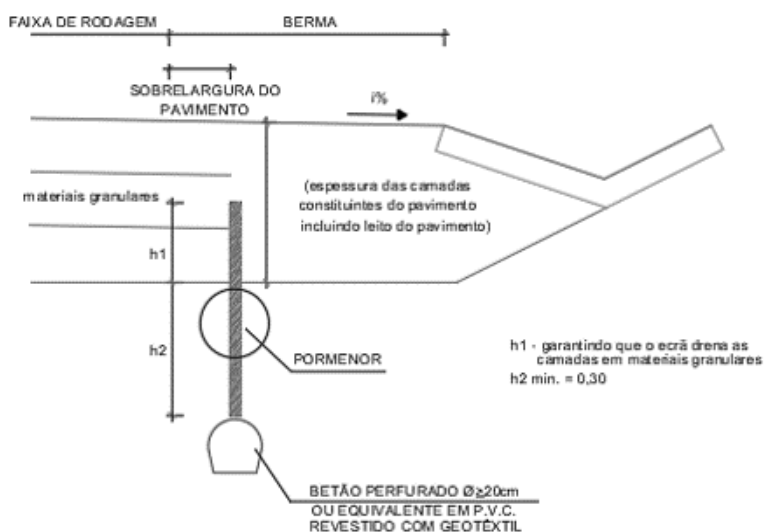


Figura 3.24 – Pormenor do ecrã drenante (IEP, 2001)

### Ecrãs drenantes em material granular envolvido em geotêxtil

Drenos longitudinais executados *in situ*, com abertura de vala de modo contínuo, por equipamento apropriado, com enchimento de material granular drenante e envolvido em dois panos de geotêxtil, podendo ter associado um coletor, ver Figura 3.25. São instalados normalmente, no limite do pavimento, de modo a captar as águas de infiltração provenientes da estrutura do pavimento, berma ou fundação.

Estes tipos de drenos são raros e só se justificam em caso de presença de muita água no subsolo.

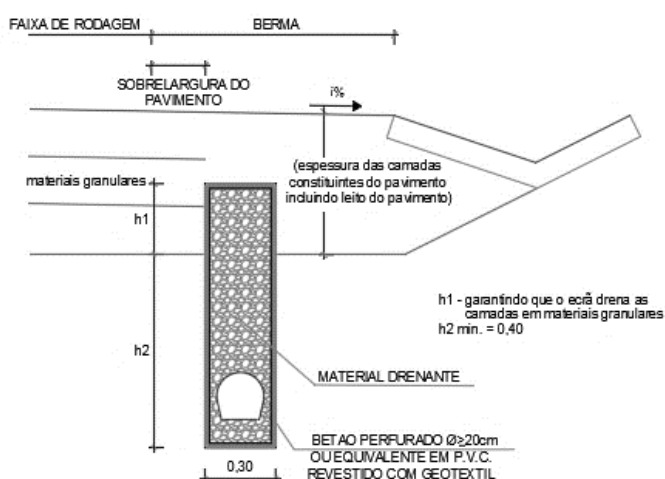


Figura 3.25 – Esquema de ecrã drenante em material granular envolvido em geotêxtil (IEP, 2001)

**Drenos de interceção transversais**

Drenos instalados sob o leito do pavimento, normalmente em viés relativamente ao eixo da via, ver Figura 3.26 e Figura 3.27, e têm como objetivo assegurar a drenagem das águas que afluem pontualmente à plataforma para os drenos longitudinais. Geralmente são executados em zonas de transição de escavação para aterro.

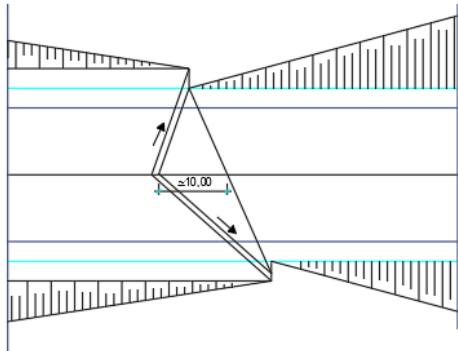


Figura 3.26 – Esquema de dreno de interceção transversal (IEP, 2001)

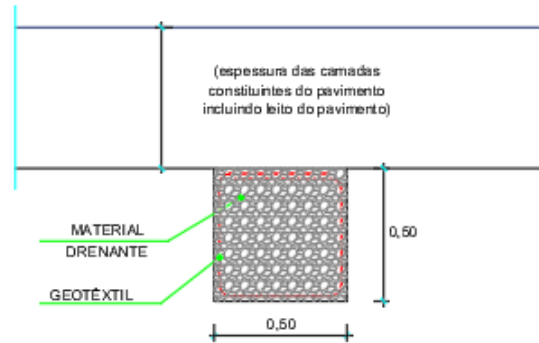


Figura 3.27 – Pormenor tipo de dreno de interceção transversal (IEP, 2001)

**Camadas drenantes**

São obras associadas a taludes de escavação com o objetivo de rebaixar o nível freático, promovendo a estabilização do mesmo. Existem várias soluções para esta estabilização de taludes, das quais se salientam as máscaras drenantes e os esporões drenantes.

As máscaras drenantes são revestimentos de taludes com rachão de diâmetro de 100 a 300mm e com base de geotêxtil, de gramagem 200 a 400gr/m<sup>2</sup> em contacto com o terreno, ver Figura 3.28. A camada de rachão é decrescente do topo para a base do talude, permitindo assim proteger o talude da erosão e auxiliar o seu suporte.



Figura 3.28 – Máscara drenante (Neves, 2020)

Os esporões drenantes são trincheiras drenantes verticais e perpendiculares ao eixo do talude, ver Figura 3.29. Estas soluções permitem o rebaixamento do nível freático no interior do solo e ainda auxiliam na estabilização do terreno já que funcionam como contraforte. Aplicam-se quando os níveis freáticos passam próximos da face do talude, permitindo a sua intersecção. É uma solução adequada para situações pontuais e pouco extensas, já que não podem ser usados em taludes de rocha resistente.



Figura 3.29 –Esporão drenante intercalado em máscara drenante (Jacob, 2018)

#### **Bacia de dissipação em enrocamento de pedra a jusante**

São bacias que se baseiam no conceito de fossa de pré-erosão, revestida por material rochoso e bem calibrado, angular, resistente à abrasão e proveniente de rocha dura, ver Figura 3.30. Estas bacias são muito frequentes em obras de drenagem de rodovias dado o seu baixo custo e fácil instalação.



Figura 3.30 – Bacia de dissipação em enrocamento de pedra (FEMA, 2010)

As bacias de dissipação em enrocamento são utilizadas nas saídas das passagens hidráulicas e para velocidades de escoamento à saída inferiores a 2,5m/s. Deve ser tido em conta que neste tipo de estruturas não se devem desenvolver ressaltos hidráulicos fortes, dado que poderão comprometer a estrutura e tudo o que se encontra a jusante, ver Figura 3.31 a Figura 3.33.

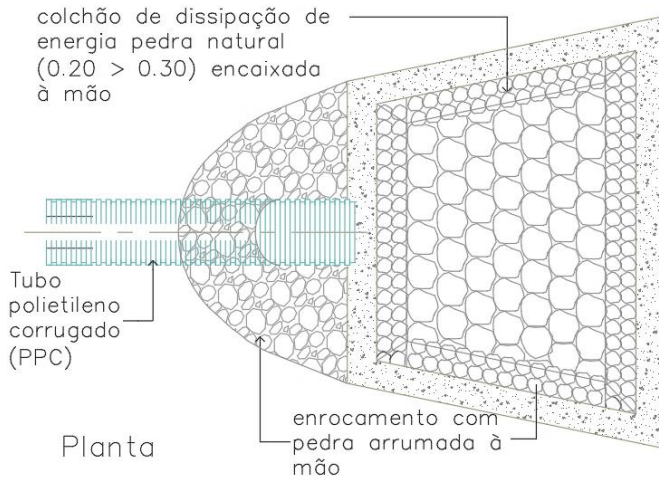


Figura 3.31 - Planta de bacia de dissipação em enrocamento (IEP, 2001)

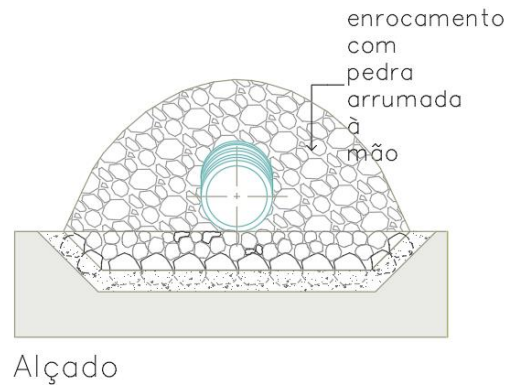


Figura 3.32 – Alçado de bacia de dissipação em enrocamento (IEP, 2001)

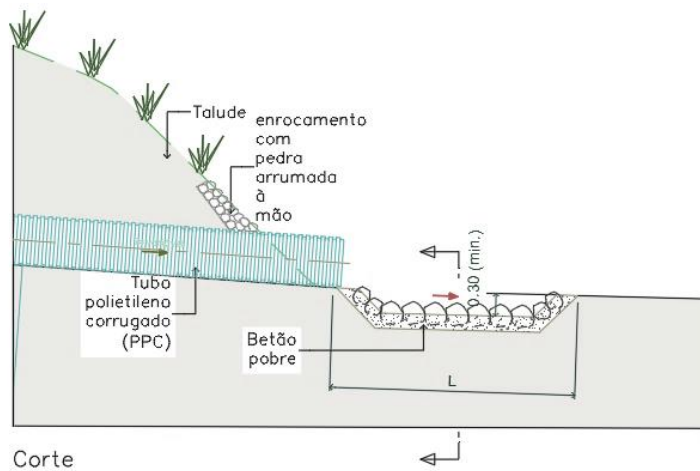


Figura 3.33 – Esquema de bacia de dissipação em enrocamento (IEP, 2001)

A dissipação de energia nestas bacias ocorre devido ao impacto da água proveniente da passagem hidráulica a jusante e com o enrocamento colocado na bacia.

**Bacia de dissipação em enrocamento de pedra argamassada a jusante**

Bacias semelhantes às bacias de dissipação em enrocamento, contudo a pedra é ligada através de argamassa, de preferência com junta aberta de modo a facilitar a dissipação através dos orifícios ver Figura 3.34. As bacias de dissipação em enrocamento de pedra argamassada são utilizadas nas saídas das passagens hidráulicas e para velocidades de escoamento à saída compreendidas entre 2,5m/s a 5,0m/s, ou seja, velocidades muito elevadas e não recomendadas.



Figura 3.34 – Bacia de dissipação em enrocamento de pedra argamassada (FEMA, 2010)

**Bacia de dissipação tipo PWD - *Public Works Department of Australia***

Bacias instaladas a jusante de condutas de secção circular, de diâmetros a variar entre 450 e 1850mm. Este tipo de bacia é de fácil construção e, conseqüentemente, apresentam-se como soluções bastante económicas e de fácil manutenção, ver Figura 3.35.



Figura 3.35 – Bacia de dissipação PWD (FEMA, 2010) São instaladas, geralmente, quando as velocidades de escoamento à saída variam entre 5,5m/s e 12m/s. Como regra, as passagens hidráulicas devem ser de secção circular e com diâmetros a variar entre os 0,45 e os 1,85m, ver Figura 3.36.

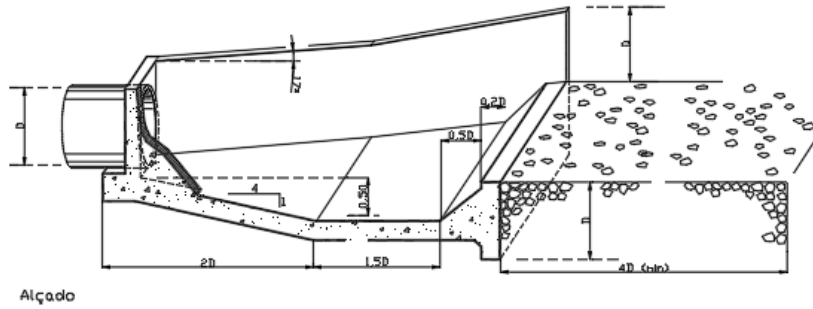


Figura 3.36 – Alçado de bacia de dissipação tipo PWD (adaptado de Pinheiro, 2006)

Como é possível verificar na Figura 3.37 e Figura 3.38 , a geometria desta bacia é bastante simples, não havendo a necessidade de recurso a blocos de queda ou amortecimento, apenas existe soleira terminal. Contudo é aconselhada a aplicação de enrocamento de proteção junto à boca de saída pelo menos num comprimento de 4 vezes o diâmetro da conduta.

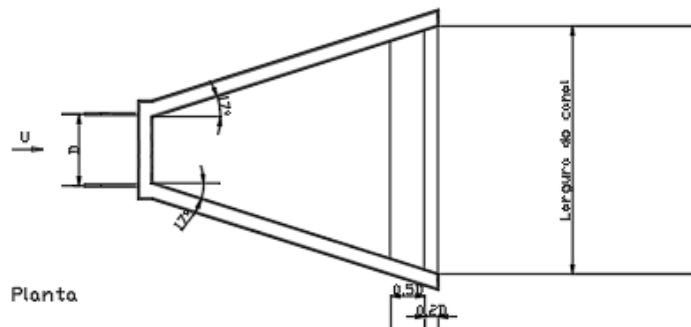


Figura 3.37 – Planta de bacia de dissipação tipo PWD (adaptado de Pinheiro, 2006)

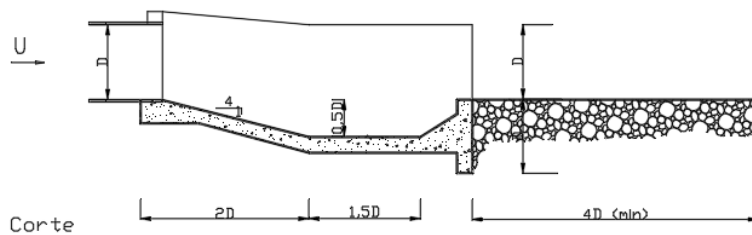


Figura 3.38 – Corte de bacia de dissipação tipo PWD (adaptado de Pinheiro, 2006)

Estas bacias de dissipação são usadas para alturas de água a jusante inferiores à altura da conduta, contudo a sua utilização é condicionada pela dimensão da conduta, as cargas hidráulicas, a velocidade média do escoamento e do número de Froude à saída da passagem hidráulica.

**Bacia de dissipação tipo WES - *Waterways Experiment Station – United States Army Corps of Engineers***

Bacias semelhantes às bacias tipo PWD, contudo o ângulo de divergência inferior das paredes laterais é inferior a  $7^\circ$  e as paredes são mais alongadas, ver Figura 3.39 a Figura 3.41. Geralmente são utilizadas quando as velocidades de escoamento à saída estão compreendidas entre 5,5m/s e 12m/s.

É um outro tipo de dispositivo que funciona bem quando há espaço suficiente a jusante.

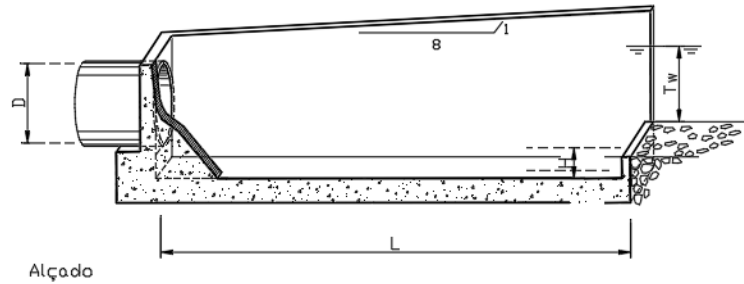


Figura 3.39 – Alçado de bacia de dissipação tipo WES (adaptado de Pinheiro, 2006)

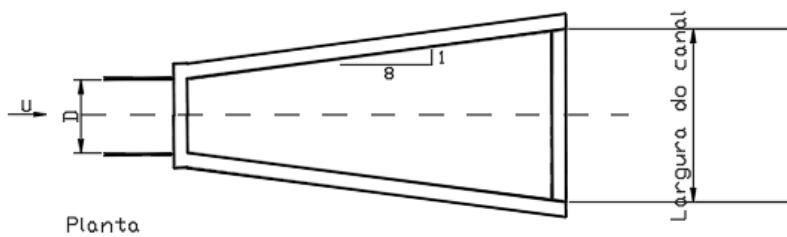


Figura 3.40 – Planta de bacia de dissipação tipo WES. (adaptado de Pinheiro, 2006)

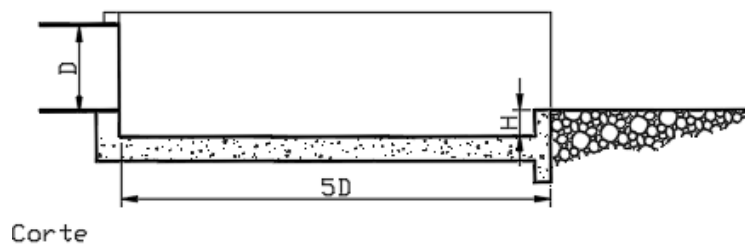


Figura 3.41 – Corte de bacia de dissipação tipo WES (adaptado de Pinheiro, 2006)

**Bacia de dissipação de energia tipo “Contra-Costa”**

A bacia é constituída por dois blocos de amortecimento e uma soleira terminal, sendo que a soleira é constituída por dois blocos de amortecimento e uma soleira terminal, ver Figura 3.42 a Figura 3.44.



Figura 3.42 – Bacia de dissipação tipo “Contra-Costa” (Jacob, 2018)

Estas bacias que admitem uma ampla gama de diâmetros de condutas e diversas condições de funcionamento, os custos de construção e manutenção são baixos. As bacias de dissipação tipo “Contra-Costa” são aconselhadas para alturas de água a jusante inferiores à altura da conduta até 60% altura da lâmina de água.

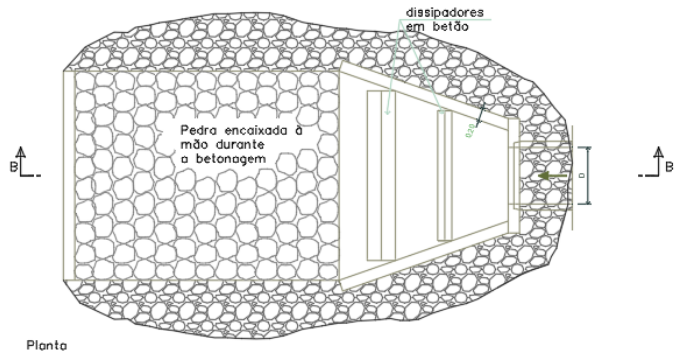


Figura 3.43 – Planta de bacia tipo “Contra-Costa”

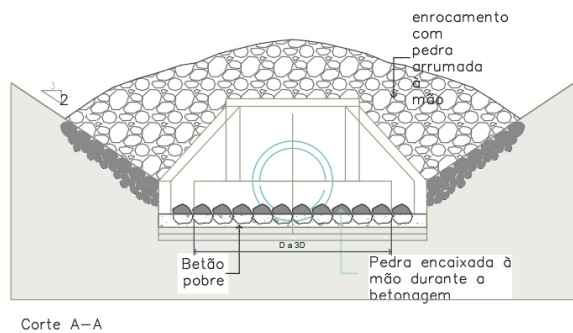


Figura 3.44 – Corte A-A





Figura 3.46 – Sumidouro



Figura 3.47 – Sarjeta

Apresentam-se de seguida os esquemas de pormenor tipo de um sumidouro, ver Figura 3.48 a Figura 3.50.

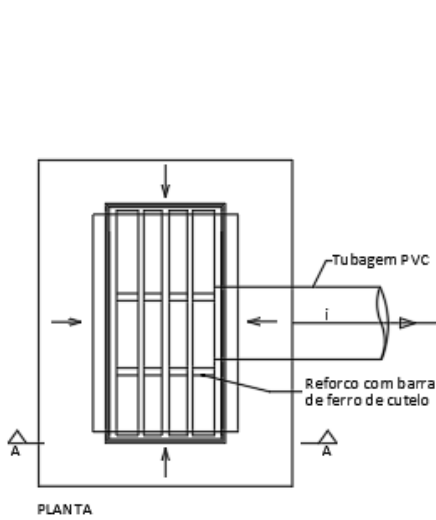


Figura 3.48 – Planta de sumidouro

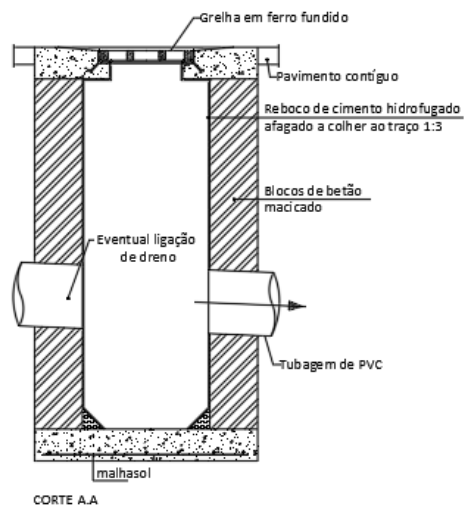


Figura 3.49 – Corte de sumidouro

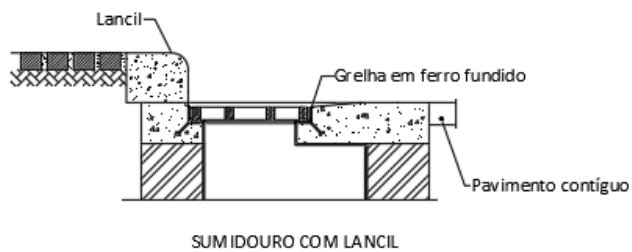


Figura 3.50 – Pormenor tipo de sumidouro com lancil

O Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais – RGSPDADAR –, Decreto Regulamentar n.º 23/95, prevê que as sarjetas ou sumidouros sejam implantadas nos pontos baixos da via, ao longo das valetas e nos cruzamentos. Define ainda as dimensões mínimas a que estes órgãos de drenagem devem obedecer, nomeadamente:

- Sarjetas:
  - Largura da abertura lateral – 45 cm;
  - Altura da abertura lateral – 10 cm;
- Sumidouros:
  - Largura da grade – 35 cm;
  - Comprimento da grade – 60 cm.

No caso dos sumidouros as barras das grades devem ter as barras na direção do escoamento.

O dimensionamento destes órgãos realiza-se com base na expressão de Mannig-Strickler e deve obedecer aos critérios definidos no RGSPDADAR, nomeadamente ao critério de não transbordamento, critério de limitação de velocidade e critério de limitação da largura máxima da lâmina de água na valeta junto ao lancil.

#### **Caleiras/sumidouros com rasgo contínuo superior ou com grelha metálica**

Dispositivos constituídos por caleira de secção circular com rasgo contínuo no topo, ver Figura 3.51, ou por caleira semicircular com grelha metálica superior contínua. São vulgarmente utilizados na recolha e condução das águas do pavimento e convergem para junto do separador central, ver Figura 3.52.

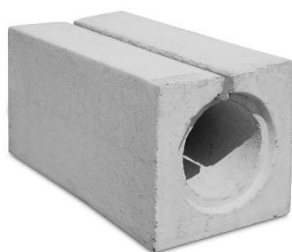


Figura 3.51 – Módulo de caleira contínua com rasgo em betão (A Cimenteira do Louro, 2020)



Figura 3.52 – Caleira/sumidouro com rasgo contínuo junto a separador central (Neves, 2020)

### CAPÍTULO 3

A inclinação mínima destes órgãos é de 0,5% e os diâmetros que se utilizam, geralmente, são 200, 300 e 400mm.

Apresenta-se o esquema de uma caleira contínua de secção circular com rasgo superior contínuo, ver Figura 3.53.

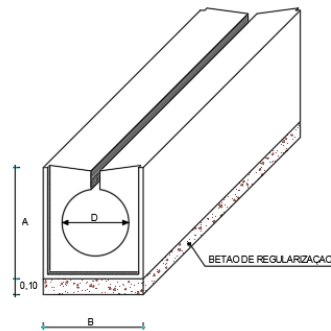


Figura 3.53 – Esquema de caleira/sumidouro em betão com rasgo superior contínuo e coletor incorporado (IEP, 2001)

### Coletores

Tubagem enterrada que assegura o transporte das águas pluviais recolhidas da drenagem superficial através de sumidouros, sarjetas ou caleiras. Os coletores podem ser longitudinais, quando se desenvolvem paralelamente ao eixo da via, ou transversais e geralmente aparecem associados às redes de valas e valetas ou a drenos longitudinais. Normalmente, os coletores utilizados em obras rodoviárias são em betão, contudo é admissível o uso de PVC e o fibrocimento.

O assentamento de coletores, bem como os materiais do leito devem cumprir com as especificações do CETO e RGSPDADAR, ver Figura 3.54. Nas valas as tubagens deverão ficar uniformemente apoiadas no leito inerte, ao longo de toda a sua geratriz inferior, exceto nas zonas de juntas de ligação. Nas curvas e pontos singulares devem ser previstos maciços de amarração devidamente dimensionados para os impulsos instalados e resistência do solo.

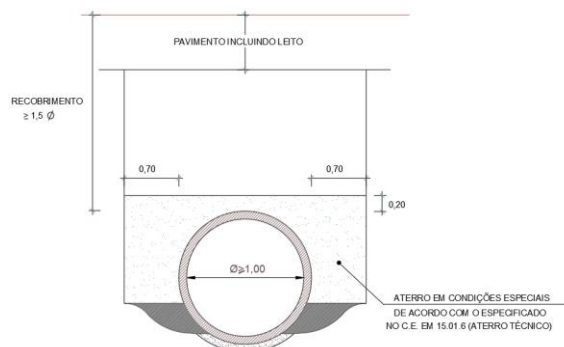


Figura 3.54 – Instalação de tubagem em vala quando recobrimento  $\geq 1,5 \phi$  (IEP, 2001)

**Câmaras de visita**

As câmaras de visita são dispositivos complementares das redes enterradas, que permitem o acesso aos coletores para inspeção, limpeza e manutenção. As câmaras de visita são, normalmente, instaladas com distâncias não superiores a 50m e localizam-se em pontos de mudança de direção dos coletores.

As tampas, são geralmente redondas em ferro fundido de classe D400 ou F600 (tráfego muito pesado), ver Figura 3.55.

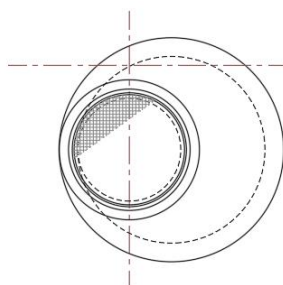


Figura 3.55 – Planta de caixa de visita de secção circular (IEP, 2001)

São, geralmente, constituídas por anéis circulares pré-fabricados, sendo que também admitem secção retangular ou quadrada por moldagem *in situ*, ver Figura 3.56 a Figura 3.59.

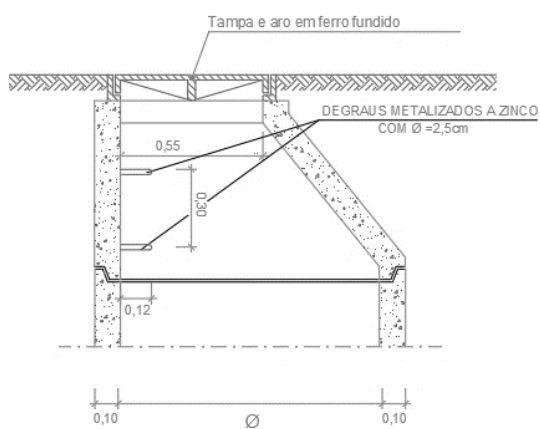


Figura 3.56 – Corte de caixa de visita de secção circular (IEP, 2001)

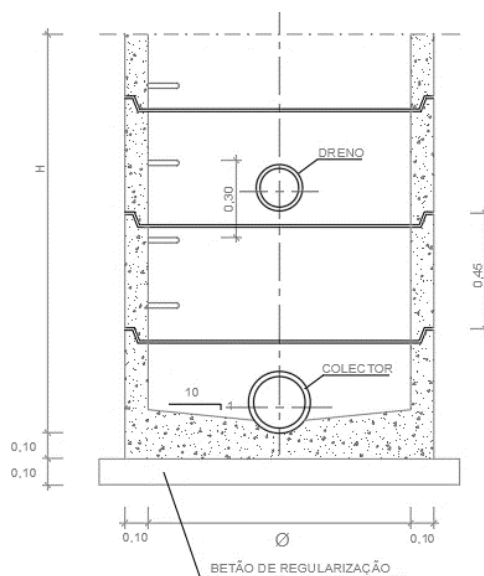


Figura 3.57 – Corte de caixa de visita de secção circular (IEP, 2001)

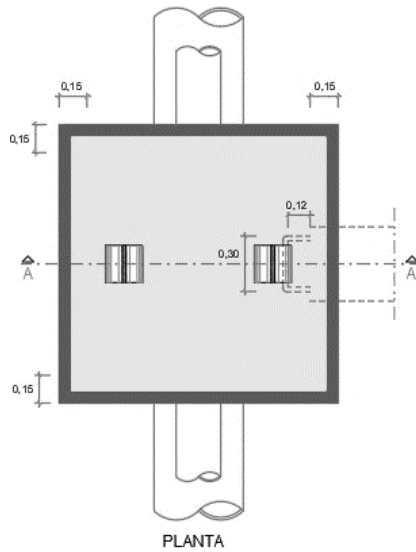


Figura 3.58 – Planta de caixa de visita de secção retangular,  $\Phi_{in\ sc} \leq 1,20$  (IEP, 2001)

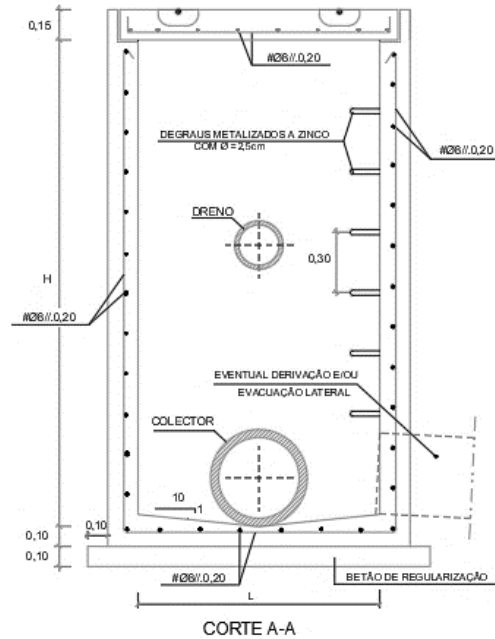


Figura 3.59 –Corte A-A da caixa de visita de secção retangular (IEP, 2001)

Segundo o RGSPDADAR é obrigatória a implantação de caixas de visita na confluência de coletores, nas mudanças de direção, inclinação e diâmetro dos coletores e o seu afastamento máximo terá de estar compreendido entre 60 e 100m (quer se trate de coletores não visitáveis ou visitáveis, respetivamente).

As dimensões mínimas regulamentares não devem ser inferiores a 1,0m e 1,25m, mediante a profundidade seja inferior a 2,5m ou superior, respetivamente.

Devem ser seguidas as disposições do CETO e do RGSPDADAR relativas às regras de implantação.

### Elementos de ligação e de derivação

São órgãos complementares que garantem a articulação e interligação dos elementos do sistema de drenagem. Nestes elementos de ligação incluem-se:

- Caixas de limpeza e evacuação lateral para assegurar o correto funcionamento da rede de drenagem longitudinal e garantir a evacuação das águas provenientes da rede enterrada através de coletores. Permitem ainda a inspeção e limpeza da rede de drenagem longitudinal.
- Caixas de receção, ligação ou derivação asseguram a articulação das valas de crista, valas de banquetas e valetas de plataforma. Estabelecem ainda a ligação às descidas de talude.

- Descidas de talude são instaladas sobre os taludes quando se pretende estabelecer a ligação transversal entre os elementos lineares do sistema de drenagem ou para diminuir o caudal para determinado elemento. A sua correta conceção é fundamental de modo a evitar infiltrações que possam introduzir instabilização nos taludes ou na estrutura, que geralmente faz parte da drenagem longitudinal.

### **3.4 CONSIDERAÇÕES**

Durante este capítulo foram apresentados os principais órgãos de drenagem de vias de comunicação, contudo muito mais haveria a apresentar neste capítulo dada a variedade de soluções existentes.

A utilização, localização e articulação de cada órgão de drenagem deverá ser analisada individualmente, com recurso aos traços em planta, perfis longitudinais e transversais e campanhas efetuadas ao terreno de modo a serem avaliados os condicionalismos hidrológicos e topográficos na zona em análise.



## CAPÍTULO 4

### CASO DE ESTUDO

#### 4.1 ENQUADRAMENTO DO PROJETO

Da necessidade de Reabilitação das estradas EC316 Samba Caju/Banga, EC122 Banga/Quiculungo e EN225 Quiculungo/Bolongongo na Província do Kwanza-Norte, com uma extensão total de cerca de 91km, foi proposta a elaboração do presente Projeto de Drenagem.

Kwanza-Norte tem uma área de cerca de 24110 km<sup>2</sup> e é habitada por cerca de 654.000 habitantes. A província localiza-se no norte de Angola, ver Figura 4.1, a uma altitude de 500 a 1500m. As principais atividades económicas estão ligadas à produção agrícola e pecuária, à extração de minérios e à produção industrial de cerveja, tabaco e têxteis.

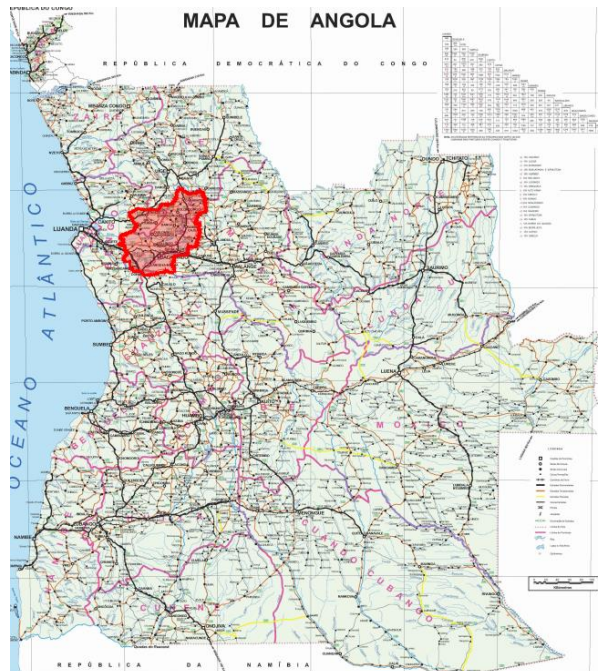


Figura 4.1 – Mapa de Angola – delimitação da província de Kwanza-Norte

## CAPÍTULO 4

O projeto desenvolvido no âmbito presente relatório focou-se no estudo de um total de 4725m de estrada, Figura 4.2.

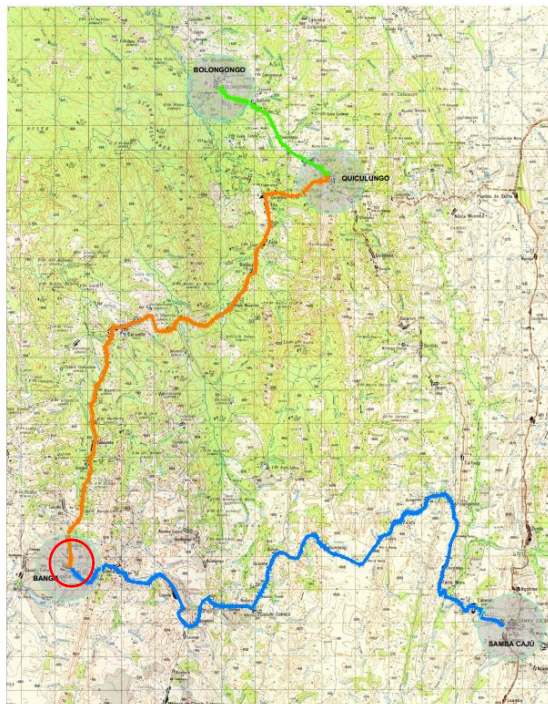






Figura 4.2 – Identificação dos troços e parte objeto do presente de estudo

Legenda Figura 4.2:

-  Troço 1 – Samba Caju – Banga;
-  Troço 2 – Banga – Quiculungo;
-  Troço 3 – Quiculungo – Bolongongo;
-  Zona objeto de estudo.

Os troços indicados garantem a conexão entre os municípios de Samba Caju, Banga, Quiculungo e Bolongongo, que são conhecidos pelo seu potencial de exploração de madeira e cultivo de café, com maior incidência no município de Quiculungo, salientando-se assim a possibilidade de elevado tráfego de pesados.

A área atravessada por estas estradas caracteriza-se por ter uma vegetação dominante do tipo Floresta Densa Húmida Semicaducifólia e Savana com Arbustos X Galerias de Floresta Densa Húmida (Diniz, 2006). Em termos topográficos, a zona em análise é montanhosa, originando um traçado em planta bastante sinuoso e um perfil longitudinal, cuja altimetria varia entre 750 m e os 1120 m, conduzindo a trainéis extremos que rondarão os 10 %. Quanto à caracterização hidrológica, a estrada Samba Caju / Banga /

Quiculungo / Bolongongo intercepta 6 principais linhas de água: os rios Zenza e Tumba na EC316 - Samba Cajú / Banga, Lumba / Luate, Lufua na EC122 – Banga / Quiculungo e Cuale Sul e Cafuta na EN225 - Quiculungo / Bolongongo, e outras de menor dimensão.

Com esta reabilitação pretende-se beneficiar a ligação através da terraplenagem e pavimentação de uma nova, ampla e eficiente plataforma que perdure no tempo em bom estado de funcionamento, dotando as populações residentes ao longo desses eixos de uma ligação cómoda, rápida e eficaz à rede de estradas Nacional.

## 4.2 LOCALIZAÇÃO

Foi proposta a execução do Projeto de Drenagem de 2 troços, sendo que o troço 1 se refere à EC316 Samba Caju/Banga e o troço 2 refere-se à EC122 Banga/Quiculungo. O troço 1 será estudado do km 43+275 até ao km 45+700, sendo que o troço nº 2 será analisado do km 0+300 até ao km 2+600. Uma pequena parte de ambos os troços não foi estudada, dado que se desenvolvem em zonas urbanas e esse estudo não é objeto deste Projeto.

Os troços em estudo apresentam a seguinte extensão:

- EC316: Samba Cajú | Banga – 46 km (Troço 1)
- EC122: Banga | Quiculungo – 36,5 km (Troço 2)

Ao longo do traçado da estrada, são atravessadas várias povoações que serão beneficiadas com a melhoria das acessibilidades, ver Figura 4.3 a Figura 4.10, sendo as principais Cahenda, Cazombo, Uiangombe, Quingombe, Zalata, Quimamone, Quindange, Quipete, Quipata, Quimbole, Capele e Bumba no troço Samba Cajú - Banga e Cambamba, Cariamba, Quibondo, Ndongolo, Ndala Muzembo, Bonzo, Zala, Buta e Quimeia no troço Banga – Quiculungo.

O levantamento fotográfico do local em estudo foi fornecido pela equipa projetista aquando o reconhecimento de campo em 2017. Nas imagens seguintes apresentam-se as várias localidades atravessadas:



Figura 4.3 – Quindange



Figura 4.4 – Quipata



Figura 4.5 – Quimbole



Figura 4.6 – Capele



Figura 4.7 – Cariamba



Figura 4.8 – Bonzo



Figura 4.9 – Zala



Figura 4.10 – Quimeia

### 4.3 COMPILAÇÃO E RECOLHA DE INFORMAÇÃO

Foram fornecidos todos os elementos de projeto nomeadamente, traçados em planta, perfis longitudinais e perfis transversais. A informação relativa ao levantamento no terreno foi cedida pelo Dono de Obra, Instituto Nacional de Estradas de Angola (INEA).

Após o levantamento de reconhecimento dos troços supracitados, ver Figura 4.11 a Figura 4.18, constatou-se que grande parte da extensão do traçado se encontra em terra batida, à exceção de cerca de 11km entre Samba Cajú e Uiangombe que se encontra em parte pavimentado com betuminoso apresentando patologias como fendas e peladas. A grande extensão em terra batida apresenta irregularidades, marcas de escorrência das águas pluviais ao longo da via e invasão significativa de vegetação lateral (capim), nomeadamente no troço Banga - Quiculungo. Devido à ausência de proteção dos taludes e da elevada inclinação, apresentam-se em mau estado, evidenciando que a inclinação deveria ser inferior à existente.



Figura 4.11 – Troço em terra batida com irregularidades e invasão de vegetação



Figura 4.12 – Troço em terra batida com irregularidades e invasão de vegetação



Figura 4.13 – Troço em terra batida com irregularidades e invasão de vegetação



Figura 4.14 – Troço em terra batida marcas de escorrência de drenagem pluvial e invasão de vegetação



Figura 4.15 – Troço em betuminoso com peladas



Figura 4.16 – Troço em betuminoso com peladas e fissuras



Figura 4.17 – Mau estado de taludes devido a inclinação acentuada e falta de proteção



Figura 4.18 – Troço em terra batida com irregularidades

A INEA forneceu os resultados dos ensaios das sondagens realizadas ao longo dos troços, Tabela 4.1, e pela sua análise verificou-se que os solos são do tipo silto-argilosos com classificação A4 a A7, segundo a classificação *The American Association of State Highway Transportation Officials* (AASHTO).

Tabela 4.1 - Resumo de ensaios dos solos ao longo dos troços

Amostra	km	Profundidade	u nat (%)	Limites Atterberg (%)			Densidade p articulas (g/cm³)	Equivalente areia (%)	Proctor		CBR		AASHTO (IG)	ASTM	% Pass (#200)	CBR médio	Desvio padrão	CBR projecto
				LL	LP	IP			w max (g/cm³)	w opt (%)	(2.5 mm)	(5 mm)						
<b>Troço Samba Cajó - Banga</b>																		
P1A	44+290	2.8	24.7	48.2	42.0	6	2.63	17.36	1.64	18.08	4.63	5.14	A-5 (4)	ML - Silte Arenoso	52.5			
P2A	43+290	2.6	16.0	37.3	24.0	13	2.63	14.59	1.72	18.20	29.36	30.75	A-6 (9)	ML - Silte	88.6			
P5	40+290	2.8	32.5	42.3	29.0	13	2.61	7.82	1.68	20.30	3.84	5.02	A-7-6 (10)	ML - Silte com Areia	81.4			
P6	39+290	2.6	24.1	43.1	30.0	13	2.60	6.06	1.70	18.60	2.03	2.46	A-7-5 (10)	ML - Silte	97.1			
P9	36+290	2.7	28.1	52.2	43.0	9	2.59	15.50	1.68	16.60	31.86	40.13	A-7-5 (10)	SM - Areia Siltosa	43.5			
P11	34+290	3.2	25.4	46.2	37.0	9	2.66	12.63	1.67	20.30	16.49	20.07	A-5 (6)	ML - Silte Arenoso	61.4			
P14	31+290	3.0	27.0	49.9	36.0	13	2.67	20.99	1.61	24.26	21.08	23.58	A-7-5 (7)	ML - Silte Arenoso	56.4			
P16	29+290	2.8	32.8	34.5	20.0	14	2.63	22.32	1.59	18.21	26.35	28.60	A-6 (6)	ML - Silte Arenoso	54.8			
P17	28+290	3.0	29.4	43.8	32.0	12	2.63	4.66	1.66	21.48	15.06	17.56	A-7-5 (10)	ML - Silte com Areia	83.3			
P19	26+290	2.8	15.6	38.2	25.0	13	2.61	14.59	1.69	20.58	6.02	9.53	A-6 (9)	ML - Silte	88.5	13.90	10.39	10.47
P21	24+290	2.7	21.9	49.5	35.0	15	2.63	11.31	1.61	20.60	8.28	11.04	A-7-5 (11)	ML - Silte com Areia	71.0			
P23	22+290	2.9	21.6	40.7	31.0	10	2.61	4.03	1.53	22.56	6.40	9.53	A-7-6 (8)	ML - Silte com Areia	83.8			
P24	21+290	2.9	30.5	52.0	35.0	17	2.65	14.56	1.56	22.24	10.01	11.04	A-7-5 (13)	ML - Silte com Areia	83.5			
P26	19+290	3.2	28.0	51.9	40.0	12	2.63	11.04	1.65	18.21	34.63	42.65	A-7-6 (2)	SM - Areia Siltosa	42.6			
P28	17+290	3.0	21.8	43.6	30.0	14	2.57	8.46	1.67	16.70	12.04	14.00	A-7-6 (6)	ML - Silte Arenoso	54.3			
P30	15+290	3.0	28.5	41.0	32.0	9	2.57	15.22	1.73	16.60	9.03	12.04	A-7-6 (6)	ML - Silte Arenoso	66.0			
P33	12+290	2.9	28.4	46.2	40.0	6	2.58	19.82	1.65	21.10	5.27	6.32	A-5 (1)	SM - Areia Siltosa	39.9			
P36	3+000	3.2	33.1	52.0	36.0	16	2.56	22.05	1.60	22.24	7.90	9.88	A-7-5 (11)	ML - Silte Arenoso	68.4			
	<b>Média</b>	<b>2.9</b>	<b>26.1</b>	<b>45.1</b>	<b>33.2</b>	<b>11.9</b>	<b>2.6</b>	<b>13.5</b>	<b>1.6</b>	<b>19.8</b>	<b>13.9</b>	<b>16.6</b>			<b>67.7</b>			
<b>Troço Banga - Bolongongo</b>																		
P37	1 km	3.1	26.7	48.0	39.0	9	2.57	12.35	1.64	22.24	17.31	20.07	A-5 (5)	ML - Silte Arenoso	56.4			
P38	2 km	3.0	19.8	41.5	35.0	7	2.54	8.96	1.77	18.36	19.57	21.57	A-5 (3)	ML - Silte Arenoso	51.1			
P42	6 km	2.9	19.8	42.4	31.0	11	2.62	9.41	1.73	18.21	21.83	25.09	A-7-6 (2)	SM - Areia Siltosa com Cascalho	43.2			
P45	9 km	2.5	23.2	36.7	24.0	12	2.61	0.00	1.64	20.58	11.29	11.99	A-6 (9)	ML - Silte	89.2			
P48	12 km	3.0	25.4	50.2	40.0	10	2.60	2.66	1.62	24.26	20.32	22.58	A-5 (10)	ML - Silte com Areia	80.9			
P49	13 km	3.4	10.9	37.7	21.0	17	2.61	6.09	1.69	18.60	7.90	12.54	A-6 (11)	ML - Silte com Areia	73.9			
P52	16 km	3.1	21.4	46.0	30.0	16	2.59	0.00	1.72	18.36	14.30	15.55	A-7-6 (12)	ML - Silte	85.8			
P55	19 km	3.1	18.3	43.1	31.0	12	2.65	21.31	1.70	20.58	11.67	14.55	A-7-6 (9)	ML - Silte com Areia	77.5	16.64	5.71	14.50
P58	22 km	3.0	15.3	38.2	32.0	6	2.58	11.27	1.79	16.79	17.31	19.07	A-4 (4)	ML - Silte Arenoso	54.5			
P61	25 km	3.2	21.2	37.5	33.0	4	2.60	0.00	1.81	18.52	18.82	20.37	A-4 (7)	ML - Silte Arenoso	68.7			
P64	28 km	3.2	17.0	4.4	34.0	10	2.61	0.00	1.74	18.63	12.80	14.05	A-5 (9)	ML - Silte com Areia	80.3			
P67	31 km	3.1	19.8	42.3	34.0	8	2.61	0.00	1.79	18.06	18.82	22.58	A-5 (8)	ML - Silte com Areia	72.0			
P69	33 km	3.0	10.8	30.5	19.0	11	2.61	16.47	1.94	14.13	10.92	12.79	A-7-6 (8)	ML - Silte	49.5			
P71	35 km	3.0	21.5	44.5	27.0	17	2.64	0.00	1.73	16.70	30.11	38.38	A-7-6 (12)	ML - Silte com Areia	79.3			
	<b>Média</b>	<b>3.0</b>	<b>19.4</b>	<b>38.8</b>	<b>30.7</b>	<b>10.7</b>	<b>2.6</b>	<b>6.3</b>	<b>1.7</b>	<b>18.9</b>	<b>16.6</b>	<b>19.4</b>			<b>68.7</b>			
<b>Troço Bolongongo-Duculungo</b>																		
P74	1 km	3.2	20.8	45.3	37.0	9	2.56	8.18	1.73	18.60	47.42	50.17	A-5 (9)	ML - Silte com Areia	74.7			
P75	2 km	3.2	17.0	44.4	26.0	19	2.59	0.00	1.81	16.56	20.70	22.58	A-7-6 (10)	ML - Silte Arenoso	62.6			
P76	3 km	3.0	14.1	30.8	21.0	10	2.63	0.00	1.81	14.13	36.81	45.15	A-4 (6)	ML - Silte Arenoso	66.0			
P78	5 km	3.0	16.3	41.3	33.0	8	2.67	0.00	1.83	16.56	18.82	20.57	A-5 (7)	ML - Silte Arenoso	67.0			
P79	6 km	3.3	25.4	43.3	35.0	8	2.58	14.45	1.80	16.35	30.11	34.12	A-5 (0)	SM - Areia Siltosa	37.1			
P80	7 km	2.9	13.0	33.7	26.0	8	2.61	19.66	1.83	16.60	36.89	42.65	A-4 (2)	SM - Areia Siltosa	46.1			
P81	8 km	2.9	22.7	47.0	37.0	10	2.66	15.27	1.70	21.55	16.94	19.32	A-5 (9)	ML - Silte	85.6			
P82	9 km	3.6	17.6	35.0	23.0	12	2.57	10.28	1.83	14.38	25.59	36.12	A-7-6 (7)	ML - Silte Arenoso	68.5			
	<b>Média</b>	<b>3.1</b>	<b>18.4</b>	<b>40.1</b>	<b>29.8</b>	<b>10.5</b>	<b>2.6</b>	<b>8.5</b>	<b>1.8</b>	<b>16.8</b>	<b>29.2</b>	<b>33.8</b>			<b>66.0</b>			<b>23.89</b>

Os solos do grupo A4 a A7, são solos finos, com percentagem de passados no peneiro nº 200 superior a 35%, e são considerados em solos de fraca qualidade para aplicação na sub-base, ver Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Classificação de solos AASHTO

Tipos de Solos	Materiais granulares [35% ou menos passando no peneiro de 0.075 mm (nº 200) ASTM]								Materiais silto-argilosos [mais de 35% passando no peneiro de 0.075 mm (nº 200) ASTM]			
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 <sup>(1)</sup>	
	A - 1 - a	A - 1 - b		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7					
Granulometria - % passando nos peneiros ASTM:												
2.00 mm (nº 10)	50 máx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.425 mm (nº 40)	30 máx	50 máx	51 mín	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.075 mm (nº 200)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx	35 máx	35 máx	35 máx	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín	36 mín
Características da fracção passando no peneiro de 0.425 mm (nº 40) ASTM:												
Limite de liquidez	-	-	-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	41 mín
Índice de plasticidade	6 máx	-	não plástico	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	11 mín
Tipos usuais dos constituintes significativos dos materiais	fragmentos de pedra, cascalho e areia		areia fina	cascalho e areia siltosos ou argilosos				solos siltosos		solos argilosos		
Comportamento na camada sob o pavimento	excelente a bom								regular a muito mau			

Por vezes é comum em Angola recorrer-se à estabilização de solos para pavimentos, com recurso a cimento quando os solos não apresentam características satisfatórias. No caso deste projeto, foi necessário recorrer a 3 manchas de empréstimo para selecionar solos para a parte superior do aterro ou coroamento dos aterros.

Relativamente ao sistema de drenagem transversal foi possível identificar diversos órgãos com idades de execução e materiais diferentes, ver Figura 4.19 a Figura 4.24.



Figura 4.19 – PH retangular



Figura 4.20 – PH de secção circular em betão



Figura 4.21 – PH de secção circular em betão



Figura 4.22 – PH de secção circular ARMCO



Figura 4.23 – Pontão metálico



Figura 4.24 – Pontão em betão

Verifica-se pelas fotografias do reconhecimento do terreno, que não existem campanhas de manutenção e limpeza ao nível dos sistemas de drenagem.

## 4.4 DRENAGEM TRANSVERSAL

### 4.4.1 Caracterização das bacias hidrográficas

A bacia hidrográfica de uma determinada secção é a área drenante definida por um curso de água ou por um conjunto interligado de cursos de água, sendo que todos os caudais gerados descarregam nessa secção. Por norma é definida com recurso a cartas topográficas, contudo dada a natureza do projeto e à falta de elementos, a delimitação das bacias hidrográficas foi realizada com recurso ao *Google Earth Pro* e aos levantamentos fotográficos cedidos, Figura 4.25

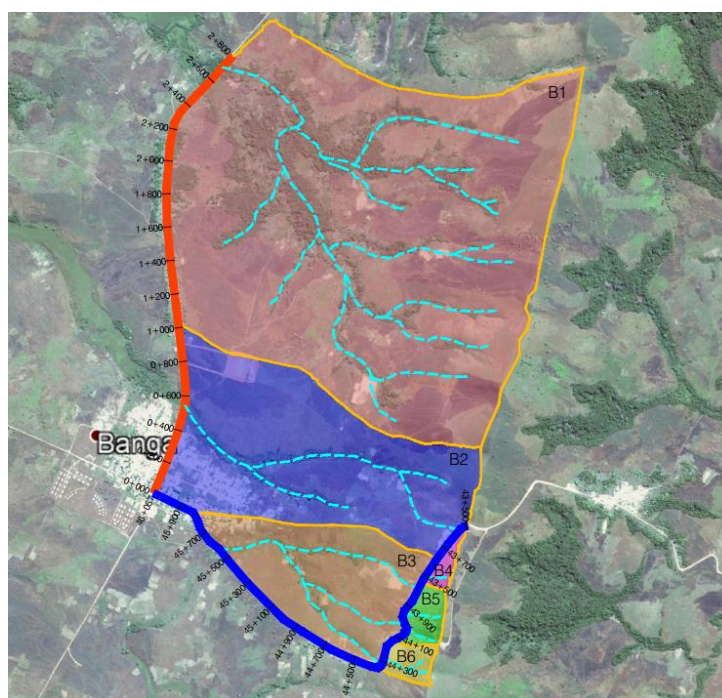


Figura 4.25 – Delimitação de bacias hidrográficas e marcação de linhas de água

Foram identificadas 6 bacias hidrográficas, individualizando-se cada uma em função da topografia do terreno e marcando as linhas de água associadas a cada bacia. A partir da marcação em planta das bacias foi possível obter área e comprimento,  $L. A$ , da linha de água principal de cada bacia. Posteriormente, e com recurso a cartas militares do tempo colonial, *Google Earth Pro* e ao perfil longitudinal foi possível determinar as cotas máximas e mínimas,  $C. MAX$  e  $C. MIN$ , de cada uma das bacias, respetivamente. Em seguida determinou-se o desnível,  $\Delta H$ , de cada bacia e o declive médio,  $j$ , da linha de água principal de cada uma dessas bacias, ver Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Valores obtidos através da delimitação das bacias hidrográficas

Bacia	Área (km <sup>2</sup> )	L. A. (m)	C. Máx (m)	C. Mín (m)	$\Delta H$ (m)	j (%)
B1	4,35	3098,00	979,00	839,00	140,00	4,52
B2	1,30	1951,00	985,00	861,00	124,00	6,36
B3	0,68	1331,00	953,00	874,00	79,00	5,94
B4	0,05	156,00	1037,00	987,00	50,00	32,05
B5	0,08	225,00	1036,00	957,00	79,00	35,11
B6	0,06	269,00	1023,00	955,00	68,00	25,28

Como se verifica na Tabela 4.3, a bacia B1 apresenta uma área considerável face às demais bacias. Assim sendo, foi opção deste projeto que o caudal afluente da bacia B1 fosse determinado com recurso ao método SCS. O caudal afluente das restantes bacias foi determinado com recurso ao método Racional.

#### 4.4.2 Cálculo de caudais de ponta

Para o cálculo do caudal de ponta foram utilizados os dois métodos apresentados no Capítulo 2, o SCS para a bacia B1, ver Tabela 4.4, e o Método Racional para as restantes bacias, ver Tabela 4.5. Esta opção de projeto deveu-se ao facto da bacia B1 apresentar uma área bastante superior às demais e o método SCS permitir considerar as características da bacia através do coeficiente  $CN$ , nomeadamente ao tipo de utilização ou revestimento do solo, enquanto que o método Racional entra em linha de conta apenas com as características geométricas da bacia.

A intensidade de precipitação,  $I$ , foi determinada com base no registo udográfico de 11 anos (1941 a 1951) de possibilidade udométrica de Azevedo para a cidade de Luanda, dado que não existem registos para as zonas em estudo.

Contudo como os resultados de Azevedo só existem para valores de período de retorno até 25 anos, foi construído um gráfico e determinada a reta de regressão linear, com recurso ao *Microsoft Office (Excel)*, para ser possível determinar os valores de  $a$  e  $b$  a um período de retorno de 30 anos, ver Figura 4.26.

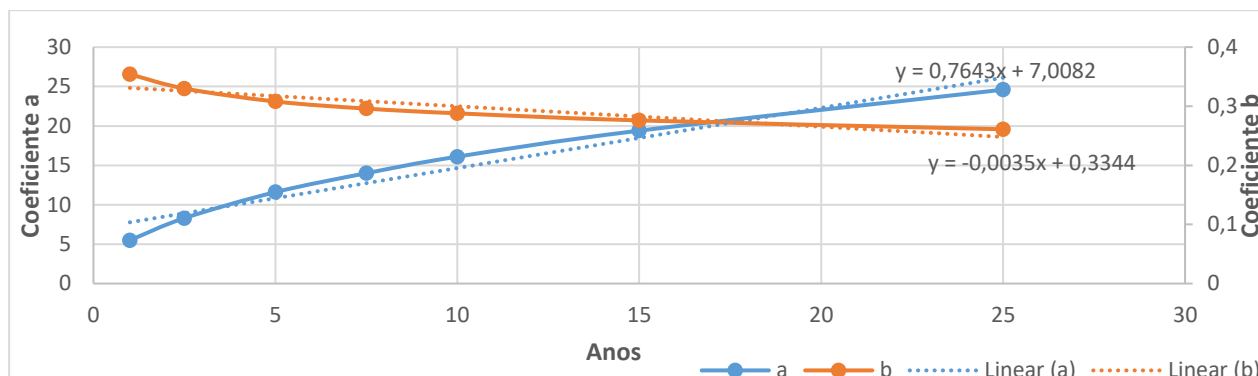


Figura 4.26 – Gráfico das curvas de possibilidade udométrica construídas por Azevedo para Luanda (Rodrigues, 2014)

Através das equações das retas, obteve-se  $a = 29,94$  e  $b = 0,23$  para um período de retorno de 30 anos.

Para a determinação do caudal de ponta,  $Q_p$ , da bacia B1 obteve-se a capacidade máxima de retenção,  $S$ , admitindo um número de escoamento,  $CN$ , igual a 60. Para a determinação do tempo de concentração, foi calculada a média dos tempos obtidos pelas expressões SCS (2,763h) e de Giandotti (1,372h), ver Tabela 4.4.

A determinação da intensidade de precipitação,  $I$ , da bacia B1 foi obtida por métodos iterativos e com recurso aos parâmetros de Azevedo determinados para o período de retorno de 30 anos.

Para determinar o valor da intensidade de precipitação,  $I$ , foi aplicado o seguinte método:

$$\text{Determinar } t_{c \min} = t_{c \text{ méd}} \times 60 \geq 10 \text{ min}$$

$$\text{Calcular } I_{t_{c \min}} = a \times t_{c \min}^b$$

Iterar até estabilizar o valor de  $I_{t_n}$ :

$$t_{0,n} = \frac{I_a}{I_{t_{c \min}} \times 60}$$

$$t_n = t_{0,n} + t_{c \min}$$

$$I_{t_n} = a \times t_n^b$$

$$t_{0,n+1} = \frac{I_a}{I_{t_n} \times 60}$$

CAPÍTULO 4

onde:

$t_{c\ min}$  – Tempo de concentração mínimo (min);

$t_{c\ méd}$  – Tempo de concentração médio (min);

$I_{t_{c\ min}}$  – Intensidade de concentração para o  $t_{c\ min}$  (mm/h);

$t_n$  – Tempo de concentração total da iteração  $n$  (h);

$t_{0,n}$  – Tempo das perdas iniciais para a iteração  $n$  (h);

$I_{t_n}$  - Intensidade de concentração para o  $t_{c\ min}$  (mm/h);

$t_{0,n+1}$  – Tempo das perdas iniciais da iteração  $n + 1$  (h).

Garantiu-se em todo o projeto que o tempo de concentração,  $t_c$ , nunca seria inferior a 10 minutos, conforme o regulamento português.

Tabela 4.4 – Determinação do caudal de ponta para a bacia B1 pelo SCS

Bacia	CN	S	$t_j$ (h)	$t_{c\ méd}$ (h)	$I_a$ (mm)	$I$ (mm/h)	$t$ (h)	$P$ (mm)	$P_u$ (mm)	$Q_p$ (m <sup>3</sup> /s)
B1	60	169,33	1,654	2,067	33,87	90,53	2,07	187,73	73,25	32,04

Para a determinação do caudal afluente,  $Q_a$ , das bacias B2, B3, B4, B5 e B6, foi determinado o valor médio do tempo de concentração,  $t_{c\ méd}$ , com base na média dos tempos de concentração obtidos pelas expressões de Temez (1978), Ventura e Kirpich (1940), ver Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Determinação do caudal afluente para as bacias B2 a B6 pelo Método Racional

Bacia	$t_c$ Temez (h)	$t_c$ Ventura (h)	$t_c$ Kirpich (h)	$t_{c\ méd}$ (h)	$t_{c\ méd}$ (min)	$I$ (mm/h)	$Q_a$ (m <sup>3</sup> /s)
B2	0,351	0,572	0,320	0,414	24,87	62,57	13,56
B3	0,266	0,429	0,245	0,313	18,81	58,69	6,69
B4	0,038	0,048	0,025	0,037	10,00	50,77	0,38
B5	0,049	0,061	0,031	0,047	10,00	50,77	0,69
B6	0,060	0,062	0,041	0,054	10,00	50,77	0,52

Tal como referido a determinação da intensidade da precipitação,  $I$ , das bacias B2 a B6 foi determinada com apoio dos parâmetros de Azevedo e o caudal afluente foi calculado com recurso à expressão do método racional.

#### 4.4.3 Análise de traçado geométrico

O traçado em planta, Figura 4.27 é composto por alinhamentos retos, curvas circulares e curvas de transição definidas de forma a assegurar a circulação em segurança e conforto às velocidades base definidas para o projeto.

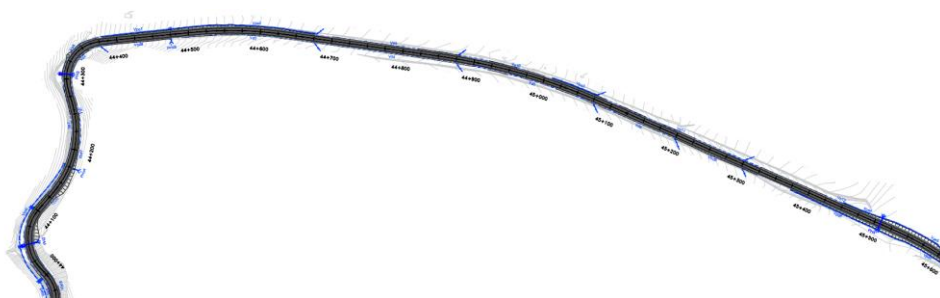


Figura 4.27 – Excerto de traçado em planta do troço 1 (km's 43+975 a 45+600)

A escolha da diretriz procurou adaptar-se ao terreno, de modo a minimizar os custos em termos de terraplanagens e obras de arte.

Foram utilizadas curvas com raios de pequena dimensão, de modo a limitar as velocidades de acordo com as curvas a montante e jusante, disciplinando a corrente de tráfego e procurando-se um traçado homogéneo. As curvas circulares têm raios circulares variáveis, contudo a maioria está compreendida entre os 110m e os 300m.

O perfil longitudinal é constituído por trainéis e concordâncias verticais do tipo parabólicas (equação do 2º grau), ver Figura 4.28. Também o perfil longitudinal evidencia cuidado ao nível dos movimentos de terras, de modo a tornar o projeto mais económico.

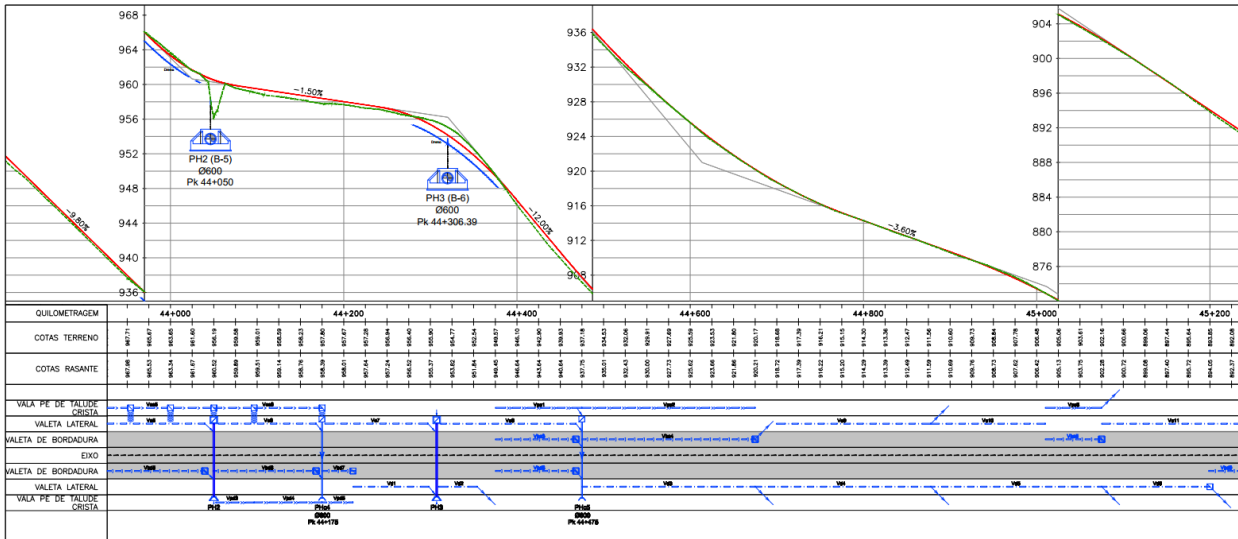


Figura 4.28 – Excerto de perfil longitudinal (km’s 44+125 a 45+350)

As inclinações nunca são inferiores a 0,5% de forma a assegurar uma pequena drenagem longitudinal. Por outro lado, em zonas mais críticas (mais elevadas) foi necessária a implementação de inclinações consideráveis, ainda que por extensões reduzidas, no máximo de 10%.

O perfil transversal tipo definido é composto por uma só faixa de rodagem dividida em duas vias de 3,50 m cada, ladeadas bermas com 1,00 m de largura, 0,5 m de berma revestida em betão betuminoso e 0,5 m de berma revestida com impregnação betuminosa em Agregado Britado de Granulometria Extensa, e concordância com o talude de aterro de 1,20 m ou 1,20 m de valeta lateral, se for caso de escavação, ver Figura 4.29 e Figura 4.30.

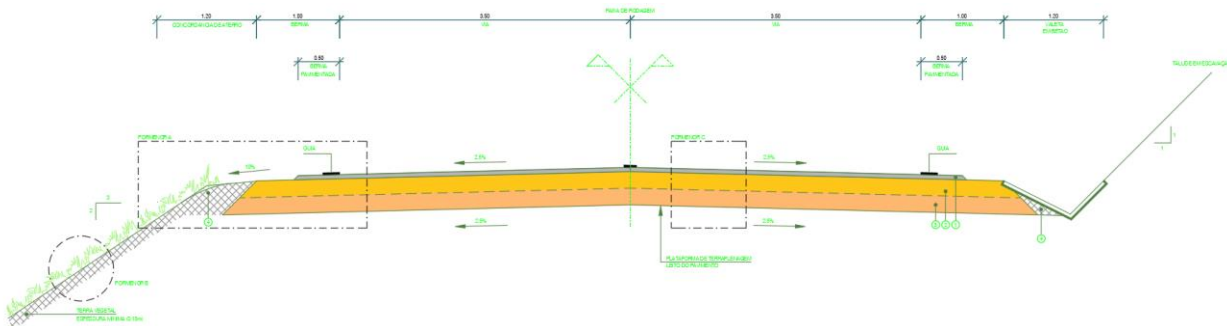


Figura 4.29 – Perfil transversal tipo geral em reta





Figura 4.33 – Passagem hidráulica do tipo ARMCO  
(Victor Santiago, 2018)



Figura 4.34 – Tubagem de PP SN8 para  
passagens hidráulicas (FERSIL, 2020)

Na Tabela 4.6 são apresentados os cálculos obtidos para a determinação do diâmetro teórico para as secções circulares, contudo dada a gama disponível de diâmetros comerciais só é possível utilizar tubagem circular para as PH1, PH2, PH3, como poderá ser verificado no Anexo I.

A determinação do diâmetro teórico foi realizada com base na fórmula seguinte:

$$D_{teórico} = \frac{4^{0,625} \times Q_a}{i^{0,1875} \times K_s^{0,375} \times \pi^{0,375}} \quad (4.1)$$

onde:

$D_{teórico}$  – Diâmetro teórico (mm);

$Q_a$  - Caudal afluyente ( $m^3/s$ )

$k_s$  – Coeficiente de rugosidade de Strickler;

$i$  - Declive do canal (m/m).

Foram selecionados os diâmetros comerciais para os materiais (betão, PP e ARMCO), sendo que por uma questão de limpeza e manutenção da passagem hidráulica o diâmetro mínimo adotado foi de 600mm, dado o local ter fortes chuvadas tropicais.

Tabela 4.6 – Determinação de diâmetros para secções circulares

Dispositivo			B4	B5	B6
			PH 1	PH 2	PH 3
Secção circular	Betão	$D_{teórico}$ (mm)	470,46	585,83	526,00
	PP		422,36	525,92	472,21
	ARMCO		547,72	682,04	612,38
	Betão	$D_{teórico comercial}$ (mm)	600	600	600
	PP		630	630	630
	ARMCO		600	700	700

Na Tabela 4.7 apresentam-se os caudais de vazão das secções selecionadas.

Tabela 4.7 – Determinação de caudal de vazão e velocidade para secções circulares

Dispositivo		B4	B5	B6
		PH 1	PH 2	PH 3
$Q_v$ (m <sup>3</sup> /s)	Betão	0,73	0,73	0,73
	PP	1,11	1,11	1,11
	ARMCO	0,49	0,74	0,74
$U$ (m/s)	Betão	2,59	2,59	2,59
	PP	2,35	2,35	2,35
	ARMCO	2,59	1,91	1,91

Foram ainda realizados dimensionamentos para secções do tipo *box-culvert*, com o objetivo de garantir os mesmos pressupostos que nas secções circulares  $Q_v > Q_a$  e  $U$  não superior a 4,5m/s, ver Tabela 4.8 e Tabela 4.9.

Tabela 4.8 – Secções tipo *box-culvert*

Dispositivo			B1	B2	B3
			PH 6	PH 5	PH 4
Secção retangular	Betão	b (mm)	3500	2000	1500
		h (mm)	2000	1500	1000

No caso das secções retangulares de betão em regra, por razões de cotas, as alturas representam cerca de 2/3 da base.

Tabela 4.9 – Determinação de caudal de vazão e velocidade para secções tipo *box-culvert*

Dispositivo		B1	B2	B3
		PH 6	PH 5	PH 4
<b>Q<sub>v</sub> (m<sup>3</sup>/s)</b>	Betão	61,41	19,60	7,83
<b>U (m/s)</b>	Betão	4,58	4,52	4,46

Foi garantida que a relação  $\frac{Y}{D}$  ou  $\frac{Y}{H}$  ou seja, o rácio altura de água – diâmetro/altura não ultrapassasse os 80%, ver Tabela 4.10, de modo a garantir que a passagem hidráulica apresente uma folga e que a secções seleccionadas permitem flutuação de caudal, por exemplo devido a falta de limpeza e manutenção. Apenas a PH4 apresenta um rácio de 87%, contudo assumiu-se este valor de modo a obter economia das soluções.

Tendo em conta os caudais afluentes em cada PH e as verificações realizadas, e tendo em conta que o material a seleccionar será o betão pelas razões já elencadas ao longo deste projeto, conclui-se que as PH1, PH2 e PH3 serão do tipo secção circular de betão e as PH4, PH5 e PH6 serão do tipo *box-culvert* de betão, ver Tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Resultados de cálculos auxiliares hidráulicos

PH	D (mm)	b x h (mm)	Q <sub>v</sub> (m <sup>3</sup> /s)	θ (rad)	S <sub>m</sub> (m <sup>2</sup> )	P <sub>m</sub> (m)	Y	$\frac{Y}{H} \frac{Y}{D}$	U (m/s)
PH6	-	3500x2000	61,41	-	4,15	5,52	1,19	0,59	7,72
PH5	-	2000x1500	19,60	-	2,20	4,20	1,10	0,73	6,16
PH4	-	1500x1000	7,83	-	1,30	3,23	0,87	0,87	5,16
PH1	600,00	-	0,73	3,21	0,15	0,96	0,31	0,52	2,60
PH2	600,00	-	0,73	4,25	0,23	1,27	0,46	0,76	2,97
PH3	600,00	-	0,73	3,64	0,19	1,09	0,37	0,62	2,78

Apresentam-se de seguida perfis transversais com representação dos dois tipos de secção seleccionados, ver Figura 4.35 e Figura 4.36.



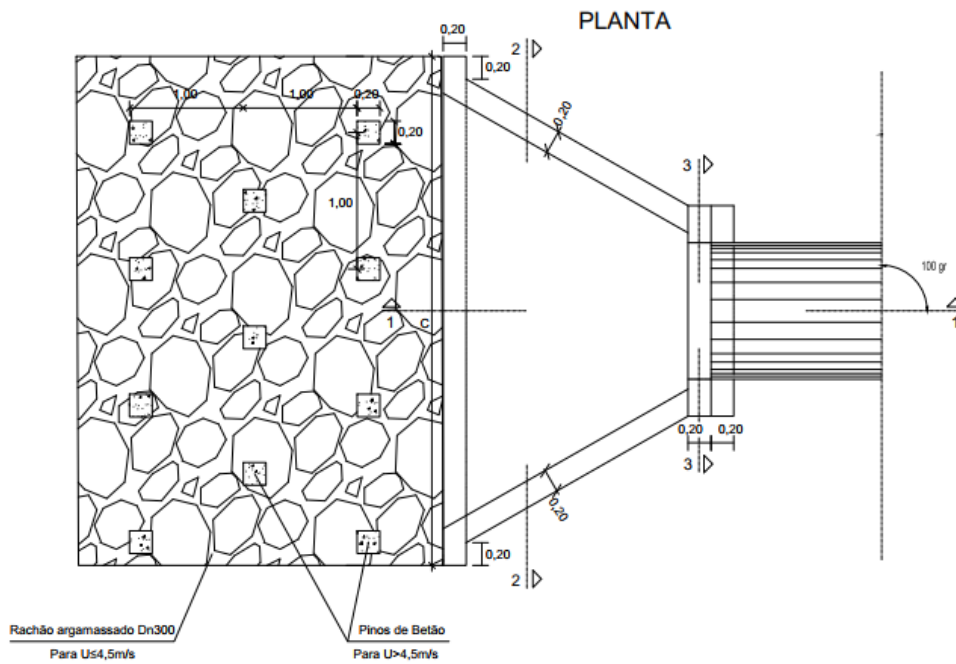


Figura 4.37 – Detalhe de boca simples de aterro para passagem hidráulica em betão argamassado

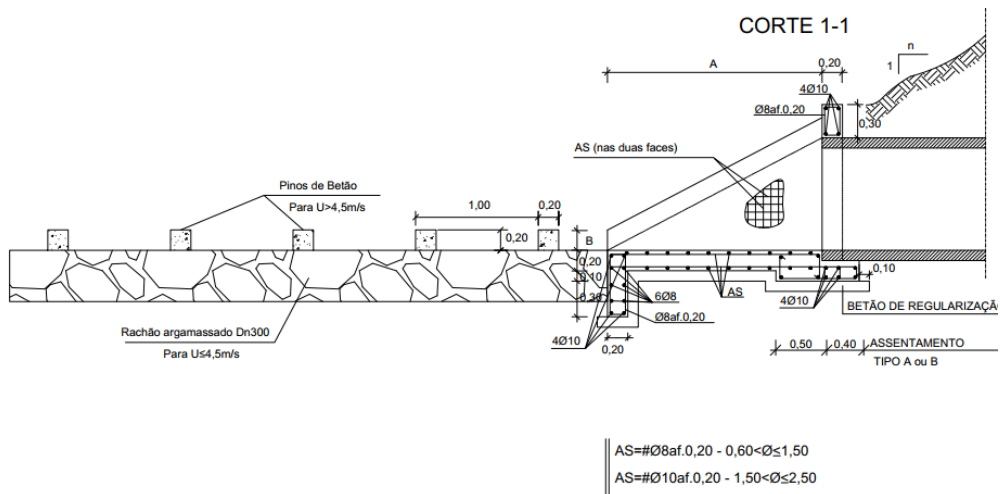


Figura 4.38 – Corte 1 relativo à boca simples de aterro para passagem hidráulica em betão argamassado

Todos os cálculos efetuados encontram-se no Anexo I.

## 4.5 DRENAGEM LONGITUDINAL

### 4.5.1 Áreas de influência

Com base no esquema de drenagem executado foram determinadas as áreas de influência, ou seja, foram delimitadas as áreas que contribuem para o caudal afluente para cada dispositivo.

Admitiu-se que o coeficiente de escoamento da plataforma,  $C$ , é de 0,9 para o talude e 0,4 para o betuminoso, ver Figura 4.39. Com base nas áreas de influência medidas em *planta* e *Google Earth* foi determinado o  $C_{médio}$ :

$$C_{médio} = \frac{A_{plataforma} \times C_{plataforma} + A_{talude} \times C_{talude}}{A_{plataforma} + A_{talude}} \quad (4.2)$$



Figura 4.39 – Consideração sobre coeficiente  $C$  em plataforma e talude (Agronomia, 2020)

### 4.5.2 Caudal de cálculo

Com base nas medições efetuadas e determinação do  $C_{médio}$  foi calculado o caudal afluente em cada um dos dispositivos, com base na expressão racional.

Na Tabela 4.11 apresentam-se as medições efetuadas e a determinação do  $C_{médio}$  e caudal afluente,  $Q_a$ , para os dispositivos mais condicionantes.

Tabela 4.11 – Cálculo do caudal afluyente  $Q_a$ 

ID	L (m)	$A_{plataforma}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{talude}$ (m <sup>2</sup> )	$A_{total}$ (m <sup>2</sup> )	$C_{médio}$	$Q_a$ (m <sup>3</sup> /s)
<b>Troço 1</b>						
Ve1	150	1059	542	1601	0,73	0,065
VCe4	150	-	55500	55500	0,4	0,123
VBe4	200	1043	-	1043	0,9	0,005
VPe2	200	491	98	589	0,82	0,003
Vd3	200	810	232	1042	0,79	0,046
VBd3	150	630	-	630	0,9	0,003
VPd7	175	900	396	1296	0,75	0,005
<b>Troço 2</b>						
Ve17	275	1237	410	1 647	0,78	0,071
VBe12	125	741	-	741	0,90	0,003
VPe9	125	-	578	578	0,4	0,002
Vd11	275	1237	485	1 722	0,76	0,073
VBd15	150	727	-	727	0,90	0,003
VPd10	150	-	578	578	0,40	0,002

Legenda da Tabela 4.11:

Ve – Valeta de plataforma esquerda;

VCe – Vala de crista esquerda;

VBe – Vala de bordadura esquerda;

Vd – Valeta de plataforma direita;

VBd – Valeta de bordadura direita;

Vpd – Vala pé de talude direita.

No Anexo I apresentam-se as medições realizadas para todos os dispositivos que se consideram relevante para o correto dimensionamento dos órgãos longitudinais. Para o caso das valetas foram medidos todos os tramos, dado que as áreas são mais significativas e poderá existir maior variação de caudal. Contudo para o caso dos demais dispositivos, e de modo a garantir uma uniformização da solução, foi considerada apenas a área de influência maior e por conseguinte a mais condicionante.

### 4.5.3 Dimensionamento hidráulico

Com base nos caudais afluentes, definiram-se secções tendo em conta a uniformização das secções dos órgãos em todo o traçado de modo a garantir a facilidade de implementação o projeto em obra.

Foram definidas as seguintes dimensões e secções para os órgãos longitudinais, de modo realizar as verificações:

- Valeta de plataforma lateral de secção triangular L=1,5m e H= 0,30m, ver Figura 4.40;

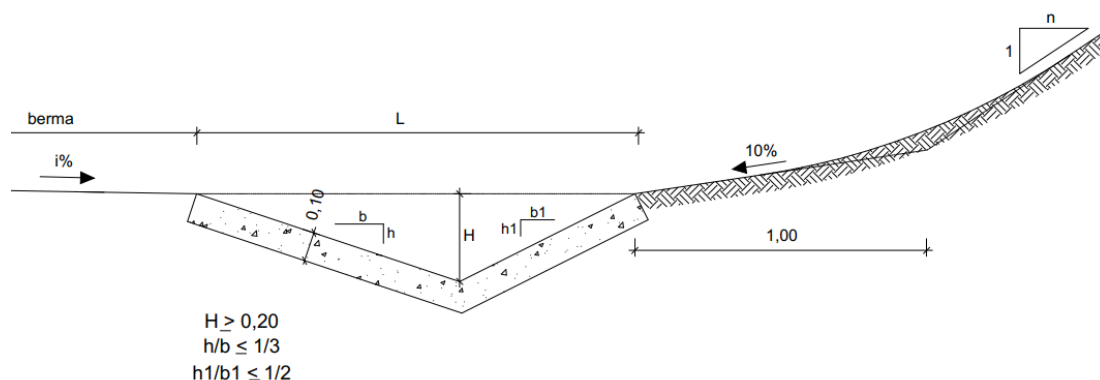


Figura 4.40 – Pormenor tipo de valeta de plataforma lateral de secção triangular, revestida com betão (IEP, 2001)

- Vala de bordadura semi-circular com  $\varnothing=0,20\text{m}$ , ver Figura 4.41;

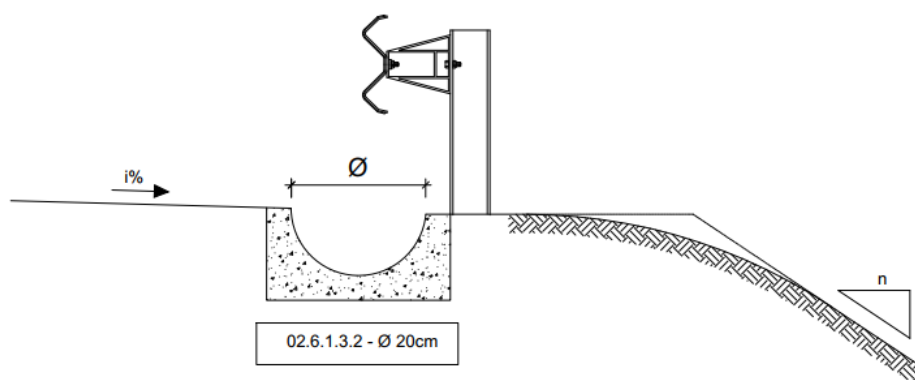


Figura 4.41 – Pormenor tipo de valetas de bordadura em aterro de secção semi-circular, revestidas em betão (IEP, 2001)

- Vala de crista semi-circular com  $\varnothing = 0,50\text{m}$ , ver Figura 4.42;

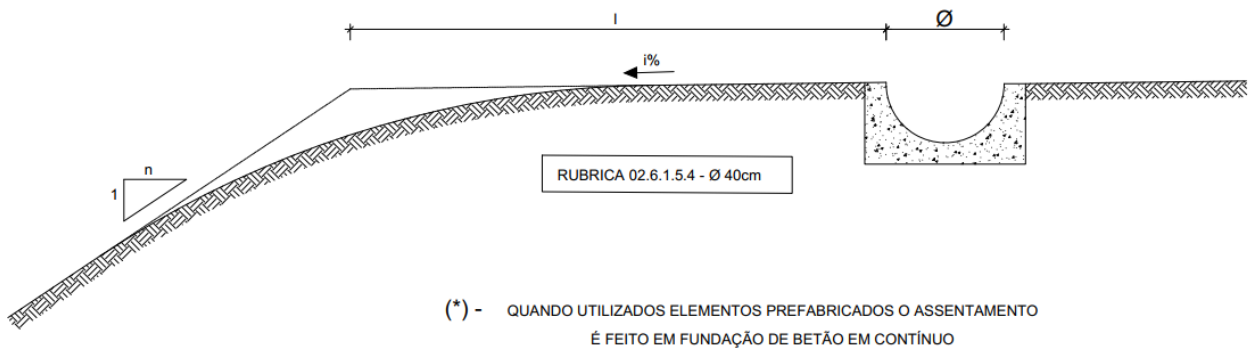


Figura 4.42 – Pormenor tipo de valas de crista de secção semi-circular, revestidas com betão (IEP, 2001)

- Vala pé-de-talude semi-circular  $\varnothing = 0,30\text{m}$  Figura 4.43.

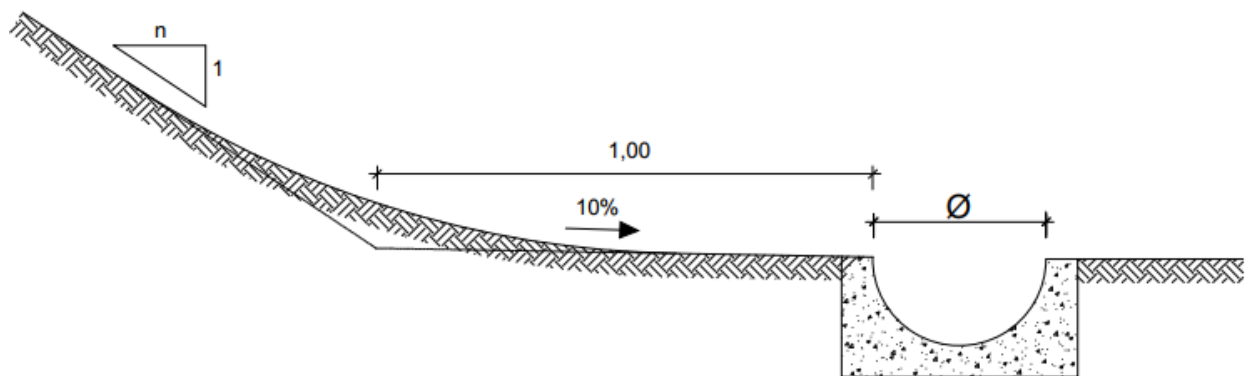


Figura 4.43 – Pormenor tipo de valas pé de talude de secção semi-circular, revistas com betão (IEP, 2001)

Com recurso à expressão de Manning-Strickler, foi determinada a altura de água  $Y$  em cada órgão de drenagem, posteriormente foi calculada a correspondente secção e perímetro molhado, ver Tabela 4.12.

Para a determinação da velocidade de escoamento  $U$ , foi determinada a secção molhada,  $S_m$ , de cada um dos órgãos de drenagem, Tabela 4.12.

Tabela 4.12 – Verificações e determinação da velocidade de escoamento  $U$ 

ID	$Y$ (m)	$\frac{Y}{D}$	$S_m$ (m <sup>2</sup> )	$U$ (m/s)
<b>Troço 1</b>				
Ve1	0,241	0,804	0,067	0,966
VCe4	0,122	0,487	0,384	0,321
VBe4	0,032	0,325	0,300	0,017
VPe2	0,020	0,136	0,178	0,015
Vd3	0,212	0,707	0,052	0,880
VBd3	0,025	0,250	0,258	0,012
VPd7	0,029	0,191	0,215	0,025
<b>Troço 2</b>				
Ve17	0,250	0,833	0,072	0,984
VBe12	0,025	0,252	0,258	0,012
VPe9	0,020	0,131	0,174	0,014
Vd11	0,252	0,840	0,073	0,990
VBd15	0,025	0,247	0,256	0,012
VPd10	0,020	0,130	0,173	0,014

Legenda da Tabela 4.12:

Ve – Valeta de plataforma esquerda;

VCe – Vala de crista esquerda;

VBe – Vala de bordadura esquerda;

VPe – Vala de pé de talude esquerda;

Vd – Valeta de plataforma direita;

VBd – Valeta de bordadura direita;

Vpd – Vala pé de talude direita.

A bibliografia da especialidade admite como boa prática que a altura de água num órgão longitudinal seja sempre igual ou inferior a 90% da altura desse órgão, ou seja  $Y \leq 0,90H$ , de modo a garantir as boas condições de funcionamento ao longo da sua vida útil. Contudo neste projeto o rácio  $\frac{Y}{D}$  ou  $\frac{Y}{H}$  é ainda inferior dado que não se prevê a existência de campanhas de manutenção e limpeza.

## 4.6 PEÇAS DESENHADAS

Os elementos desenhados que constituem este projeto foram realizados sobre a base fornecida que continha o traçado da via em planta e os respetivos perfis transversais, entre outros elementos.

Na Tabela 4.13 apresenta-se a designação e escala de cada uma das peças desenhadas que se encontram no Anexo II.

Tabela 4.13 – Índice de peças desenhadas do Projeto de Drenagem

<b>Código</b>	<b>Designação</b>	<b>Escala</b>
PE.DRN-01.1001-R0	Conjunto Esboço Corográfico	1:50000
PE.DRN-01.1002-R0	Bacias Hidrográficas	1:2000
PE.DRN-01.1003-R0	EC316   SAMBA CAJÚ - BANGA Planta de traçado e perfil longitudinal km 43+275 ao km 44+100	H=1:2000 V=1:200
PE.DRN-01.1004-R0	EC316   SAMBA CAJÚ - BANGA Planta de traçado e perfil longitudinal km 44+125 ao km 45+350	H=1:2000 V=1:200
PE.DRN-01.1005-R0	EC316   SAMBA CAJÚ - BANGA Planta de traçado e perfil longitudinal km 45+425 ao km 45+700	H=1:2000 V=1:200
PE.DRN-01.1006-R0	EC122   BANGA - QUICULUNGO Planta de traçado e perfil longitudinal km 0+300 ao km 1+300	H=1:2000 V=1:200
PE.DRN-01.1007-R0	EC122   BANGA - QUICULUNGO Planta de traçado e perfil longitudinal km 1+300 ao km 2+600	H=1:2000 V=1:200
PE.DRN-01.1008-R0	Perfis Transversais	H=1:2000 V=1:200
PE.DRN-01.1009-R0	Pormenores Construtivos	Várias escalas

O desenho 01 apresenta a localização da estrada objeto de estudo deste projeto e as coordenadas no sistema de referência WGS84. O desenho é apresentado numa folha A1 (841 x 594m).

No desenho 02 encontram-se delimitadas as bacias hidrográficas sobre uma imagem aérea da zona em estudo (Troço 1 e Troço 2), obtida através do *Google Earth*. Encontram-se ainda identificadas as linhas de água existentes. O desenho é apresentado numa folha A4+ (651 x 297m)

Nos desenhos 03, 04 e 05 apresentam-se as plantas de traçado da rede de drenagem e os pentes longitudinais do Troço 1 - EC316 | Samba Cajú – Banga. No desenho 03 encontram-se os km's 43+275 a km 44+100 e o desenho é apresentado numa folha A1 (841 x 594m). No desenho 04 encontram-se os km's 44+125 a km 45+350 e o desenho é apresentado numa folha A1 (841 x 594m). No desenho 05 encontram-se os km's 45+425 a km 45+700 e o desenho é apresentado numa folha A1 (841 x 594m).

Nos desenhos 06 e 07 apresentam-se as plantas de traçado da rede de drenagem e os pentes longitudinais do Troço 2 – EC122 | Banga-Quiculungo. No desenho 06 encontram-se os km's 0+300 a km 1+300 e o desenho é apresentado numa folha A1 (841 x 594m). No desenho 07 encontram-se os km's 1+300 a km 2+600 e o desenho é apresentado numa folha A1 (841 x 594m).

O desenho 08 apresenta os perfis transversais das passagens hidráulicas definidas neste projeto, sendo que a PH1, PH2 e PH3 são de secção circular de betão e as PH4, PH5 e PH6 são em *box-culvert* de betão. O desenho é apresentado numa folha A1 (841 x 594m).

Por fim o desenho 09 apresenta os pormenores construtivos de boca simples na base de aterro para passagem hidráulica de secção circular em betão, valas de crista, valetas de plataforma laterais, valas pé de talude, valetas de bordadura em aterro, caixas de queda para passagens hidráulicas e descidas de talude de secção semi-circular revestidas a betão. Neste desenho é ainda representada a solução implementada para dissipação de energia para as passagens hidráulicas onde a velocidade é superior a 4,5m/s, com recurso a de pinos de betão. O desenho é apresentado numa folha A1 (841 x 594m).

#### **4.7 CRITÉRIOS DE EXECUÇÃO E MEDIÇÃO**

Os Critérios de Execução e Medição utilizados na elaboração do Mapa de Trabalhos e Quantidades foram elaborados com base no Dicionário de Rúbricas e Critérios de Medição de Drenagem do CETO da Infraestruturas de Portugal. Assim sendo as medições foram consideradas da seguinte forma:

- Os trabalhos de escavação para reperfilamento de valetas ou valas existentes são medidos em metros cúbicos;
- A execução de passagens hidráulicas de secções retangulares e circulares são medidas em metros;
- A execução de bocas de entrada e saída foram medidas em unidades;
- A execução dos órgãos de drenagem, nomeadamente valetas de plataforma, valetas de bordadura, valas de crista, valas pé de talude, drenos de plataforma são medidos em metros;
- A execução dos órgãos complementares de drenagem, nomeadamente caixas de ligação, bacias de dissipação e dissipadores de energia são medidos em unidades.

#### *CAPÍTULO 4*

No Anexo III encontra-se o Mapa de Trabalhos e Quantidades, com as medições realizadas para os troços em análise.

# CAPÍTULO 5

## CONCLUSÃO

### 5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo apresenta as conclusões e os consequentes desenvolvimentos futuros que resultaram do desenvolvimento deste projeto de drenagem de águas pluviais de dois troços de uma via rodoviária em Angola.

O presente documento é resultado da pesquisa e compatibilização de conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico da autora, nomeadamente nas unidades curriculares de Infraestruturas de Transportes, Vias de Comunicação e Hidráulica Geral.

O objetivo deste trabalho foi atingido com a elaboração do projeto de drenagem de águas pluviais de dois troços inseridos na EC316: Samba Cajú | Banga – 46 km (Troço 1) e EC122: Banga | Quiculungo – 36,5 km (Troço 2), em Angola. O troço 1 foi analisado do km 43+275 até ao km 45+700, sendo que o troço 2 foi estudado do km 0+300 até ao km 2+600, numa extensão total de 4725m.

Ao longo do desenvolvimento do projeto foi possível consolidar conhecimentos ao nível do dimensionamento e verificação de órgãos de drenagem transversal e longitudinal, bem como a elaboração de peças desenhadas que constituem este projeto, nomeadamente traçado em planta, perfil longitudinal, perfis transversais e pormenores construtivos. Assim sendo, a elaboração deste projeto permitiu dotar a autora de conhecimento e prática na elaboração de um projeto de execução de drenagem de águas pluviais de uma rodovia.

Para o cálculo do tempo de concentração da maior bacia, foi considerado o valor médio obtido pelo método SCS e pela expressão de Giandotti (1953), já que os resultados eram significativamente distintos. Para o cálculo das restantes bacias hidrográficas foram consideradas as médias dos valores obtidos através das expressões de Temez (1978), Ventura e Kirpich (1940), em termos de cálculo de  $t_c$ .

Dada a escassez de registos udográficos para a zona em estudo, a intensidade de precipitação foi determinada com base nos valores de possibilidade udométrica de Azevedo para a cidade de Luanda, contudo mesmo tendo em conta a distância geográfica considera-se que os resultados obtidos se aproximam à realidade da província de Kwanza-Norte.

Foram determinadas secções de cálculo e comerciais, em betão, PP e ARMCO, contudo e tendo em conta a localização da rodovia será de desconsiderar os valores obtidos para o PP dada a dificuldade e custo associados à aplicação deste material em Angola. As secções selecionadas para o projeto foram circulares e *box-culvert* em betão, dado que são soluções que apresentam uma boa relação custo/benefício, a importação para a Angola é relativamente fácil por mar, caso não existam no país, e são de fácil instalação permitindo a sua aplicação por mão-de-obra pouco qualificada.

Com base nas fotografias cedidas do reconhecimento do terreno realizado pela equipa projetista, a autora teve acesso da realidade de Angola á distância. Kwanza-Norte é uma província onde a agricultura, a agropecuária, a extração de minérios e a indústria são as fontes de rendimento e é fundamental que a rede viária se desenvolva de modo a garantir a mobilidade de pessoas e bens. Foi possível constatar que na província de Kwanza-Norte as vias de comunicação necessitam de reabilitação e a manutenção e limpeza dos órgãos de drenagem não ocorre com a frequência desejada.

A autora recorreu ao *Autodesk AutoCad 2018* para a produção das peças desenhadas e o Mapa de Trabalhos e Quantidades foi elaborado com base no CETO. Para as medições das bacias hidrográficas a autora recorreu ao *Google Earth Pro* dado a inexistência de cartas militares atualizadas.

A maior dificuldade sentida durante a elaboração deste projeto prendeu-se com o facto de a autora não ter realizado reconhecimento do terreno e não existirem cartas militares atualizadas que permitissem analisar melhor a topografia e hidrografia do local. Devido a estas dificuldades poderão ter ocorrido algumas imprecisões.

## 5.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Dada a impossibilidade de ter sido realizada visita aos troços que são alvo deste projeto, e a importância de reconhecimento e a análise dos constrangimentos do local, a autora considera que as soluções apresentadas neste projeto poderão eventualmente ser otimizadas após visita. No local poderão ainda ser analisados com maior detalhe os pontos de descarga e ajustados no projeto apresentado.

Propõe-se também a realização do caderno de encargos ajustado à realidade deste país e também uma estimativa orçamental com base nos preços unitários praticados em Angola, concretamente na província de Kwanza-Norte, uma vez que a autora do presente projeto desconhece os valores praticados nesta província.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**A Cimenteira do Louro. 2020.** A Cimenteira do Louro. *ACL*. [Online] 2020. [Citação: 05 de 04 de 2020.] <https://aclweb.pt/pt/produtos/outro-bet-o/caixas/caleiras-de-auto-estrada?format=10923&color=7085>.

**Agronomia, Instituto Superior de. 2020.** Centro Ecologia Aplicada "Prof. Baeta Neves". *Instituto Superior de Agronomia*. [Online] 2020. [Citação: 04 de 04 de 2020.] <http://www.isa.ulisboa.pt/ceabn/projecto/1/78/projecto-de-estabiliza-ccedil-atilde-o-de-um-talude-na-a21-n-oacute-da-malveira-com-t-eacute-cnicas-de-engenharia-natural>.

**Ayman G. Awadallah, Mohamed ElGamal, Ashraf ElMostafa, Hesham ElBadry. 2011.** Developing Intensity-Duration-Frequency Curves in Scarce. *Data Region: An Approach using Regional Analysis and*. 2011, 3, pp. 215-226.

**Batista, Carlos Manuel Nunes. 2010.** *Drengame Superficial de Vias de Comunicação*. Lisboa : Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2010.

**Costa, Eng Teixeira da e Lança, Eng. Rui. 2011.** Hidrologia de Superfície. Algarve : Instituto Superior de Engenharia - Universidade do Algarve, 2011.

**Diniz, A. Castanheira. 2006.** *Características Mesológicas de Angola*. 2ª edição. Lisboa : IPAD, 2006.

**Estradas de Portugal, S.A. 2009.** Caderno de Encargos Tipo Obras (CETO). s.l. : Estradas de Portugal, S.A., 2009.

**FARCIMAR. 2020.** FARCIMAR Soluções em Pré-Fabricados de Betão, S.A. *FARCIMAR*. [Online] 2020. [Citação: 04 de 04 de 2020.] <http://www.farcimar.pt/pt/obras/recolha-e-conducao-de-agua-em-redes-viarias-/er243-km-124-325-passagem-hidraulica/>.

**FEMA. 2010.** *Technical Manual: Outlet Works Energy Dissipators Best Practices for Design, Construction, Problem Identification and Evaluation, Inspection, Maintenance, Renovation, and Repair*. s.l. : Agency Federal Emergency, 2010. P-679.

**FERSIL. 2020.** FERSILTUBOS PORTUGAL. *FERSIL*. [Online] 2020. [Citação: 04 de 04 de 2020.] <http://www.fersil.com/produtos/show.aspx?id=47F83771-B27B-E311-BD55-F46D04D71BAF>.

**Gonçalves, Diana Magina. 2014.** *Reabilitação de taludes de escavação em rochas de baixa resistência na ER 266*. Lisboa : Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2014.

**Henriques, Tânia Margarida Sequeira. 2014.** *Dimensionamento de Obras de Dissipação de Energia em Drenagem de Vias de Comunicação*. Lisboa : Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2014.

**IEP, Instituto das Estradas de Portugal -. 2001.** *Manual de Drenagem Superficial em Vias de Comunicação*. Almada : s.n., 2001.

**Inteval, Gestão Integrada Rodoviária.** Inteval, Gestão Integrada Rodoviária. *Inteval*. [Online] [Citação: 03 de 30 de 2020.]

[https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Finteval.pt%2Fatividades%2Fconservacao-corrente-rodoviaria%2F&psig=AOvVaw39IFk-qxTGMylwSQd\\_5F1L&ust=1585615097475000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCljSy9b6wOgCFQAAAAAdAAAAABAJ](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Finteval.pt%2Fatividades%2Fconservacao-corrente-rodoviaria%2F&psig=AOvVaw39IFk-qxTGMylwSQd_5F1L&ust=1585615097475000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCljSy9b6wOgCFQAAAAAdAAAAABAJ).

**IPMA, Instituto Português do Mar e da Atmosfera. 2020.** IPMA. *IPMA*. [Online] 2020. [Citação: 20 de 03 de 2020.] <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/>.

**Jacob, Ângelo Manuel Gonçalves. 2018.** *Apontamentos Infraestruturas de Transportes*. 2018.

**Kilgore, Philip L. Thompson and Roger T. 2006.** *Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and . Hydraulic Engineering Circular Number 14, Third Edition*. Julho de 2006.

**Martins, Francisco José Paulos. 2000.** *Dimensionamento Hidrológico e Hidráulico de Passagens Inferiores Rodoviárias para Águas Pluviais*. Coimbra : Universidade de Coimbra - Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2000.

**Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. 1995.** Decreto Regulamentar n.º 23/95 . 1995.

**Motaengil. 2020.** *Soluções pré-fabricadas em betão - Box-culvert*. 2020.

**Neves, José Manuel C. 2020.** *Construção e Manutenção de Infra-estruturas de Transportes - Aula T5, Drenagem*. 2020.

**Nortejuvil Sociedade de Construção, Lda. 2020.** Nortejuvil. [Online] Megavale, 2020. [Citação: 30 de 03 de 2020.] <http://www.nortejuvil.pt/wpimages/2ce205815039.jpg>.

**Pena, Rodolfo Ferreira Alves. 2020.** *O que é bacia hidrográfica? Brasil Escola*. [Online] Brasil Escola, 2020. [Citação: 24 de 03 de 2020.] <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/geografia/o-que-e-bacia-hidrografica.htm>.

- Pinheiro, António Nascimento. 2006.** *Estruturas Hidráulicas - Obras de dissipação de energia*. Lisboa : Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Instituto Superior Técnico, 2006.
- Ramos, Carlos Matias. 2006.** *Drenagem em Infra-Estruturas de Transportes e Hidráulica de Pontes*. Lisboa : Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006. ISBN 972-49-2048-8.
- Rodrigues, Ana Cristina Barreira. 2014.** *Simulação Hidrológica de Cheias na Bacia do Rio Cavaco em Angola*. Lisboa : Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Lisboa , 2014.
- Santos, Adriana. 2018.** *Patologias em Infraestruturas de Transportes - Passagens Hidráulicas*. 2018.
- Sousa, Ana Teresa Ferreira de. 2016.** *Estudo de Soluções de Reforço de Passagens Hidráulicas constituídas por Perfis de Chapa de Aço Corrugado*. Porto : FEUP, 2016.
- USGS, USAID, FEWS NET. 2020.** USGS FEWS NET Data Portal. *Earlywarning*. [Online] 2020. [Citação: 30 de 03 de 2020.] <https://earlywarning.usgs.gov/fews/product/226>.
- Victor Santiago, Pedro Carvalho, Paulo Barros, Pedro Oliveira, Tiago Coelho, Manuel Pipa, Paulo Silveira. 2018.** *Drenagem –Passagem Hidráulicas em Estrutura tubular de aço corrugado na rede Brisa*. Lisboa : LNEC, 2018.
- Vuuren, SJ van, et al. 2013.** *Data Region: An Approach using Regional Analysis and*. 6th. Pretoria : The South African National Roads Agency SOC Ltd., 2013. ISBN 978-0-620-55428-2.
- . **2013.** *Drainage Manual - Application Guide*. 6th. Pretoria : The South African National Roads Agency SOC Ltd., 2013. ISBN 978-0-620-55429-9.



## **ANEXOS**



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I – Cálculos Auxiliares .....	113
Anexo II – Peças de Desenhadas .....	117
Anexo III – Mapa de Trabalhos e Quantidades .....	127



## **ANEXO I – CÁLCULOS AUXILIARES**

Neste anexo incluem-se os cálculos auxiliares relativos aos órgãos de drenagem transversal e longitudinal, organizados da seguinte forma:

### **Drenagem Transversal**

- Dados;
- Determinação dos parâmetros a e b para cálculo da Intensidade de Precipitação, com base nos valores udográficos de possibilidade udométrica de Azevedo para a cidade de Luanda;
- Dimensionamento das passagens hidráulicas PH1, PH2, PH3, PH4 e PH5 pelo método racional;
- Dimensionamento dos coletores de evacuação lateral PHc's pelo método racional;
- Dimensionamento da passagem hidráulica PH6 através do método SCS;
- Apresentação de quadros resumos de PH's e PHc's.

### **Drenagem Longitudinal**

- Dados e considerações;
- Pormenores construtivos elucidativos das secções a adotar;
- Medições efetuadas com base nas plantas de traço de drenagem e *Google Earth*;
- Determinação do caudal afluyente e velocidade para o Troço 1 e Troço 2 para cada tipo de órgão.



## ANEXO II – PEÇAS DE DESENHADAS

Neste anexo apresentam-se as peças desenhadas produzidas no âmbito deste projeto de drenagem. Na tabela seguinte apresenta-se o índice de peças desenhadas:

Código	Designação	Escala	Formato
PE.DRN-01.1001-R0	Conjunto Esboço Corográfico	1:50000	A1 (841 x 594m)
PE.DRN-01.1002-R0	Bacias Hidrográficas	1:2000	A4+ (651 x 297m)
PE.DRN-01.1003-R0	EC316   SAMBA CAJÚ - BANGA Planta de traçado e perfil longitudinal km 42+825 ao km 44+075	H=1:2000 V=1:200	A1 (841 x 594m)
PE.DRN-01.1004-R0	EC316   SAMBA CAJÚ - BANGA Planta de traçado e perfil longitudinal km 44+100 ao km 45+225	H=1:2000 V=1:200	A1 (841 x 594m)
PE.DRN-01.1005-R0	EC316   SAMBA CAJÚ - BANGA Planta de traçado e perfil longitudinal km 45+250 ao km 45+700	H=1:2000 V=1:200	A1 (841 x 594m)
PE.DRN-01.1006-R0	EC122   BANGA - QUICULUNGO Planta de traçado e perfil longitudinal km 0+000 ao km 1+300	H=1:2000 V=1:200	A1 (841 x 594m)
PE.DRN-01.1007-R0	EC122   BANGA - QUICULUNGO Planta de traçado e perfil longitudinal km 1+325 ao km 2+600	H=1:2000 V=1:200	A1 (841 x 594m)
PE.DRN-01.1008-R0	Perfis Transversais	H=1:2000 V=1:200	A1 (841 x 594m)
PE.DRN-01.1009-R0	Pormenores Construtivos	Várias escalas	A1 (841 x 594m)



## **ANEXO III – MAPA DE TRABALHOS E QUANTIDADES**

No presente anexo apresenta-se o Mapa de Tralhos e Quantidades realizado, com base no CETO.

Salienta-se que os códigos dos artigos apresentados neste mapa, correspondem aos códigos do CETO.

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I - Cálculos Auxiliares.....	113
Anexo II - Peças Desenhadas.....	117
Anexo III - Mapa de Trabalhos e Quantidades.....	127



## **ANEXO I – CÁLCULOS AUXILIARES**

Neste anexo incluem-se os cálculos auxiliares relativos aos órgãos de drenagem transversal e longitudinal, organizados da seguinte forma:

### **Drenagem Transversal**

- Dados;
- Determinação dos parâmetros a e b para cálculo da Intensidade de Precipitação, com base nos valores udográficos de possibilidade udométrica de Azevedo para a cidade de Luanda;
- Dimensionamento das passagens hidráulicas PH1, PH2, PH3, PH4 e PH5 pelo método racional;
- Dimensionamento dos coletores de evacuação lateral PH<sub>c</sub>'s pelo método racional;
- Dimensionamento da passagem hidráulica PH6 através do método SCS.
- Apresentação de quadros resumos de PH's e PH<sub>c</sub>'s.

### **Drenagem Longitudinal:**

- Dados e considerações;
- Pormenores construtivos elucidativos das secções a adotar;
- Medições efetuadas com base nas plantas de traço de drenagem e *Google Earth*;
- Determinação do caudal afluente e velocidade para o Troço 1 e Troço 2 para cada tipo de órgão.

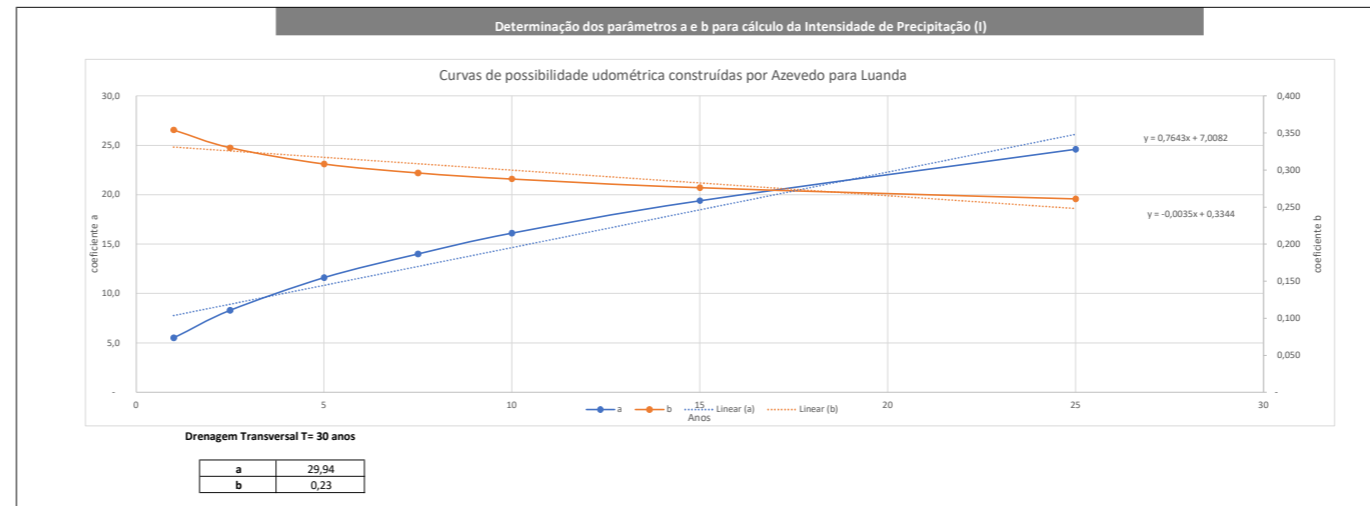
# DIPRE - PROJECTO DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS. CASO DE ESTUDO DE UMA VIA RODOVIÁRIA EM ANGOLA

## DRENAGEM TRANSVERSAL

Dados							
Período de retorno	a	b	C <sub>Terreno</sub>	Ks (m <sup>1/3</sup> /s)			i
				BETÃO	PP	ARMCO	
30 anos	29,94	0,23	0,6	75	100	50	0,015

Betão		Polipropileno (PP)		ARMCO	
DN (mm)	SN8	DN (mm)	DI (mm)	DN (mm)	
200		125	109	600	
300		160	140	700	
400		200	175	800	
500		250	219	900	
600		315	275	1000	
800		400	350	1100	
1000		500	440	1200	
1200		630	550	1300	
1400		800	693	1400	
1500				1500	



### MÉTODO RACIONAL - PH's

Bacia	Área (ha)	Área (km2)	L.A. (m)	C. Max (m)	C. Min (m)	ΔH (m)	j (%)	tc (h) Tomez	tc (h) Ventura	tc (h) Kirpich	tc méd (h)	tc (min)	I (mm/h)	Qa (m3/s)	Geometria		Qv	Y/D	θ (rad)	Sm (m2)	Pm (m)	Y	Y/D	Y/H	U (m/s)
															D (mm)	b x h (mm)									
B2	130,00	1,30	1951,00	985,00	861,00	124,00	6,36	0,351	0,572	0,320	0,414	24,87	62,57	13,56	-	2000 x 1500	19,60	0,73	-	2,20	4,20	1,10	0,73	6,16	
B3	68,40	0,68	1331,00	953,00	874,00	79,00	5,94	0,266	0,429	0,245	0,313	18,81	58,69	6,69	-	1500 x 1000	7,83	0,87	-	1,30	3,23	0,87	0,87	5,16	
B4	4,53	0,05	156,00	1037,00	987,00	50,00	32,05	0,038	0,048	0,025	0,037	10,00	50,77	0,38	600	-	0,73	0,52	3,21	0,15	0,96	0,31	0,52	2,60	
B5	8,13	0,08	225,00	1036,00	957,00	79,00	35,11	0,049	0,061	0,031	0,047	10,00	50,77	0,69	600	-	0,73	0,76	4,25	0,23	1,27	0,46	0,76	2,97	
B6	6,10	0,06	269,00	1023,00	955,00	68,00	25,28	0,060	0,062	0,041	0,054	10,00	50,77	0,52	600	-	0,73	0,62	3,64	0,19	1,09	0,37	0,62	2,78	

#### Cálculos auxiliares - Dimensionamento de secções

Dispositivo	Bacia	Dteórico	Dispositivo						Qv (m³/s)	U (m/s)
			B1	B2	B3	B4	B5	B6		
Secção retangular	Betão	comercial (mm)	PH 6	PH 5	PH 4	PH 1	PH 2	PH 3	-	-
	PP		1791,65	1374,77	470,46	585,83	526,00	-	-	
	ARMCO		1608,42	1234,18	422,35	525,92	472,21	-	-	
Secção circular	Betão	-	PH 6	PH 5	PH 4	PH 1	PH 2	PH 3	4,35	2,59
	PP		2085,87	1600,54	547,72	682,04	612,38	2,35	2,35	
	ARMCO		-	-	-	-	-	1,91	1,91	

Dispositivo	Bacia	b	Dispositivo						Qv (m³/s)	U (m/s)
			B1	B2	B3	B4	B5	B6		
Secção retangular	Betão	b	3500	2000	1500	-	-	-	61,41	19,60
	PP	h	2000	1500	1000	-	-	-	4,58	4,52

#### Quadro resumo PH's

km	Secção (mm)			
	PP	Betão	ARMCO	Box-culvert
PH1	43+750	630,00	600,00	-
PH2	44+050	630,00	600,00	-
PH3	44+306	630,00	700,00	-
PH4	45+508	-	-	1500x1000
PH5	0+545	-	-	2000x1500
PH6	2+516	-	-	3500x200

### MÉTODO RACIONAL - PHc's

Órgão	Qa (m3/s)	D (mm)	Qv	Y/D	θ (rad)	Sm (m2)	Pm (m)	Y (m)	Y/D	U (m/s)
PHc	0,14	600,00	0,60	0,33	2,45	0,08	0,74	0,20	0,33	1,75

Secção circular	Dispositivo		PHc
	Betão	Dteórico (mm)	
-	Betão	347,94	600
	Betão	DN comercial (mm)	

#### Quadro resumo PHc's

Troço 1			Troço 2		
PHc	km	D (mm)	PHc	km	D (mm)
PHC1	43+425	600,00	PHC1	0+500	600,00
PHC2	43+600	600,00	PHC2	0+700	600,00
PHC3	43+900	600,00	PHC3	1+000	600,00
PHC4	44+175	600,00	PHC4	1+275	600,00
PHC5	44+475	600,00	PHC5	1+450	600,00
			PHC6	1+850	600,00
			PHC7	2+050	600,00
			PHC8	2+250	600,00

### MÉTODO SCS

Bacia	Área (ha)	Área (km2)	L.A. (m)	C. Max (m)	C. Min (m)	ΔH (m)	j (%)	CN	S	tj (h)	tc (h) SCS	tc (min)	la (mm)	I (mm/h)	t (h)	P (mm)	Pu (mm)	Qp (m3/s)	Y (m)	Y/H	Sm (m2)	Pm (m)	U (m/s)
B1	435,00	4,35	3098,00	979,00	839,00	140,00	4,52	60	169,33	1,654	2,763	124,05	33,87	90,53	2,07	187,73	73,25	32,04	1,19	0,59	4,15	5,52	7,72

#### Cálculos auxiliares - Iterações

t1 (min)	t0,2	t2 (min)	t0,3	t3 (min)	t0,4	t4 (min)	t0,5	t5 (min)
146,51084	0,36034	146,87118	0,36014	124,40930	0,37411	124,42	0,37410	124,42
I, t1 (mm/h)		I, t2 (mm/h)		I, t3 (mm/h)		I, t4 (mm/h)		I, t5 (mm/h)
93,98568		94,03866		90,52539		90,52773		90,52773

# DIPRE - PROJECTO DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS. CASO DE ESTUDO DE UMA VIA RODOVIÁRIA EM ANGOLA

Determina

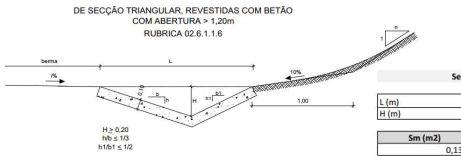
## DRENAGEM LONGITUDINAL

Dados materiais	
<b>Ks (m<sup>1/3</sup>/s) - valeta</b>	
Pedra argamassada	Terra
35,00	50,00

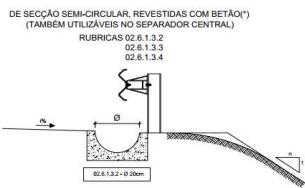
Considerações	
i (%)	0,02
I (mm/h)	200
t (min)	10

### Secções tipo

#### VALETAS DE PLATAFORMA LATERAIS



#### VALETAS DE BORDADURA EM ATERRO



#### VALAS DE CRISTA



#### VALAS DE PÉ DE TALUDE



### TROÇO 1

#### Medições. Determinação do caudal afluente e velocidade

ID	Tipo de órgão	Lado	km início	km fim	Extensão (m)	Ap (m <sup>2</sup> )	At (m <sup>2</sup> )	Área (m <sup>2</sup> )	C betuminoso	0,9			Qa (m <sup>3</sup> /s)	Y (m)	Y/H	Sm (m <sup>2</sup> )	U (m/s)
										C talude	C médio	Qa (m <sup>3</sup> /s)					
Ve1	Valeta com dreño	Esquerdo	43+275	43+425	150	1 059	542	1 601	0,9	0,4	0,73	0,065	0,241	0,804	0,067	0,966	
Ve2	Valeta com dreño	Esquerdo	43+425	43+600	175	706	198	904	0,9	0,4	0,79	0,040	0,202	0,675	0,047	0,839	
Ve3	Valeta com dreño	Esquerdo	43+600	43+650	50	200	890	1 090	0,9	0,4	0,49	0,030	0,185	0,617	0,040	0,753	
Ve4	Valeta com dreño	Esquerdo	43+850	43+900	50	200	57	257	0,9	0,4	0,79	0,011	0,146	0,487	0,025	0,457	
Ve5	Valeta com dreño	Esquerdo	43+900	44+050	150	768	72	840	0,9	0,4	0,86	0,040	0,203	0,676	0,048	0,842	
Ve6	Valeta com dreño	Esquerdo	44+050	44+175	125	519	65	584	0,9	0,4	0,84	0,027	0,181	0,602	0,038	0,727	
Ve7	Valeta com dreño	Esquerdo	44+175	44+306	131	728	102	830	0,9	0,4	0,84	0,039	0,201	0,669	0,047	0,831	
Ve8	Valeta com dreño	Esquerdo	44+306	44+375	69	0	190	190	0,9	0,4	0,40	0,004	0,206	0,687	0,049	0,886	
Ve9	Valeta com dreño	Esquerdo	44+375	44+875	200	791	108	899	0,9	0,4	0,84	0,042	0,206	0,687	0,049	0,856	
Ve10	Valeta com dreño	Esquerdo	44+875	45+000	125	499	60	559	0,9	0,4	0,85	0,026	0,179	0,595	0,037	0,713	
Ve11	Valeta com dreño	Esquerdo	45+100	45+300	200	801	96	896	0,9	0,4	0,85	0,042	0,206	0,688	0,049	0,856	
Ve12	Valeta com dreño	Esquerdo	45+300	45+450	150	600	19	618	0,9	0,4	0,88	0,030	0,186	0,621	0,040	0,759	
VCe1	Vala de crista	Esquerdo	43+275	43+425	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VCe2	Vala de crista	Esquerdo	42+425	43+600	175	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VCe3	Vala de crista	Esquerdo	43+600	43+750	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VCe4	Vala de crista	Esquerdo	43+750	43+900	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VCe5	Vala de crista	Esquerdo	43+900	44+050	150	-	55 500	55 500	-	0,4	0,40	0,123	630,000	0,487	0,384	0,321	
VCe6	Vala de crista	Esquerdo	44+050	44+175	125	-	-	-	-	-	-	-	630,000	-	-	-	
VBe1	Vala de bordadura	Esquerdo	43+650	43+750	100	555	-	555	-	0,4	-	-	-	-	-	-	
VBe2	Vala de bordadura	Esquerdo	43+750	43+850	100	551	-	551	-	0,4	-	-	-	-	-	-	
VBe3	Vala de bordadura	Esquerdo	44+375	44+475	100	491	-	491	-	0,4	-	-	-	-	-	-	
VBe4	Vala de bordadura	Esquerdo	44+475	44+675	200	1 043	-	1 043	0,9	-	0,90	0,005	0,032	0,325	0,300	0,017	
VBe5	Vala de bordadura	Esquerdo	45+000	45+075	75	314	-	314	-	0,4	-	-	-	-	-	-	
VBe6	Vala de bordadura	Esquerdo	45+450	45+500	50	305	-	305	-	0,4	-	-	-	-	-	-	
VBe7	Vala de bordadura	Esquerdo	45+500	45+675	175	842	-	842	-	0,4	-	-	-	-	-	-	
VBe8	Vala de bordadura	Esquerdo	45+675	45+700	25	171	-	171	-	0,4	-	-	-	-	-	-	
VPe1	Vala pé de talude	Esquerdo	44+375	44+475	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPe2	Vala pé de talude	Esquerdo	44+475	44+675	200	491	98	589	0,9	0,4	0,82	0,003	0,020	0,136	0,178	0,015	
VPe3	Vala pé de talude	Esquerdo	45+000	45+075	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPe4	Vala pé de talude	Esquerdo	45+450	45+500	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPe5	Vala pé de talude	Esquerdo	45+500	45+675	175	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPe6	Vala pé de talude	Esquerdo	45+675	45+700	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Vd1	Valeta	Direito	44+200	44+306	106	274	29	303	0,9	0,4	0,85	0,014	0,153	0,512	0,027	0,527	
Vd2	Valeta	Direito	44+300	44+375	345	636	106	742	0,9	0,4	0,83	0,034	0,193	0,643	0,043	0,795	
Vd3	Valeta	Direito	44+475	44+675	200	810	232	1 042	0,9	0,4	0,79	0,046	0,212	0,707	0,052	0,880	
Vd4	Valeta	Direito	44+675	44+875	200	791	0	791	0,9	0,4	0,90	0,040	0,202	0,673	0,047	0,839	
Vd5	Valeta	Direito	44+875	45+075	200	800	54	854	0,9	0,4	0,87	0,041	0,205	0,683	0,048	0,850	
Vd6	Valeta	Direito	45+075	45+200	125	490	122	612	0,9	0,4	0,80	0,027	0,180	0,601	0,038	0,725	
VBd1	Vala de bordadura	Direito	43+325	43+425	100	-	-	238	-	-	-	-	-	-	-	-	
VBd2	Vala de bordadura	Direito	43+425	43+600	175	-	-	382	-	-	-	-	-	-	-	-	
VBd3	Vala de bordadura	Direito	43+600	43+750	150	630	-	630	0,9	-	0,90	0,003	0,025	0,250	0,258	0,012	
VBd4	Vala de bordadura	Direito	43+750	43+900	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VBd5	Vala de bordadura	Direito	43+900	44+050	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VBd6	Vala de bordadura	Direito	44+050	44+175	125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VBd7	Vala de bordadura	Direito	44+175	44+200	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VBd8	Vala de bordadura	Direito	44+375	44+475	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VBd9	Vala de bordadura	Direito	45+200	45+300	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VBd10	Vala de bordadura	Direito	45+300	45+500	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VBd11	Vala de bordadura	Direito	45+500	45+675	175	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VBd12	Vala de bordadura	Direito	45+675	45+700	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPd1	Vala pé de talude	Direito	43+700	43+750	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPd2	Vala pé de talude	Direito	43+750	43+775	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPd3	Vala pé de talude	Direito	44+050	44+100	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPd4	Vala pé de talude	Direito	44+100	44+175	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPd5	Vala pé de talude	Direito	44+175	44+211	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPd6	Vala pé de talude	Direito	45+375	45+500	125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPd7	Vala pé de talude	Direito	45+500	45+675	175	900	396	1 296	0,9	0,4	0,75	0,005	0,029	0,191	0,215	0,025	

#### Órgãos mais condicionantes por tipo - Dimensionamento

ID	A (ha)	Φ (mm)	Qv (m <sup>3</sup> /s)	Qa (m <sup>3</sup> /s)	H (mm)	θ (rad)	Sm (m <sup>2</sup> )	Pm (m)	Y (m)	Y/D	U (m/s)
VCe4	5,550	500,00	0,260	0,1233	250,000	3,088	0,384	0,785	0,122	0,487	0,321
VBe4	0,104	200,00	0,023	0,0052	100,000	2,426	0,300	0,314	0,032	0,325	0,017
VPe2	0,059	300,00	0,067	0,0027	150,000	1,512	0,178	0,471	0,020	0,136	0,015
VBd3	0,063	200,00	0,023	0,0031	100,000	2,096	0,258	0,314	0,025	0,250	0,012
VPd7	0,130	300,00	0,067	0,0054	150,000	1,809	0,215	0,471	0,029	0,191	0,025

# DIPRE - PROJECTO DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS. CASO DE ESTUDO DE UMA VIA RODOVIÁRIA EM ANGOLA

Determina

## DRENAGEM LONGITUDINAL

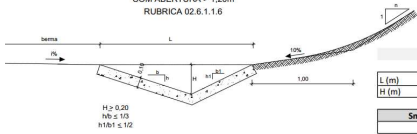
Dados materiais	
<b>Ks (m<sup>1/3</sup>/s) - valeta</b>	
Pedra argamassada	Terra
35,00	50,00

Considerações	
i (%)	0,02
l (mm/h)	200
t (min)	10

### Secções tipo

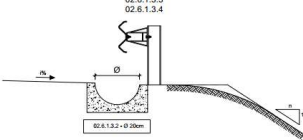
#### VALETAS DE PLATAFORMA LATERAIS

DE SECÇÃO TRIANGULAR, REVESTIDAS COM BETÃO  
COM ABERTURA = 1,20m  
RUBRICAS 02.6.1.1.6



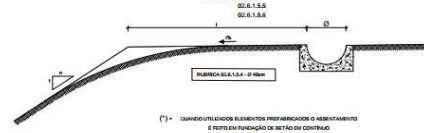
#### VALETAS DE BORDADURA EM ATERRO

DE SECÇÃO SEMI-CIRCULAR, REVESTIDAS COM BETÃO(\*)  
(TAMBÉM UTILIZÁVEIS NO SEPARADOR CENTRAL)  
RUBRICAS 02.6.1.3.2  
02.6.1.3.3  
02.6.1.3.4



#### VALAS DE CRISTA

DE SECÇÃO SEMI-CIRCULAR, REVESTIDAS COM BETÃO (\*)  
RUBRICAS 02.6.1.5.4  
02.6.1.5.5  
02.6.1.5.6



#### VALAS DE PÉ DE TALUDE

DE SECÇÃO SEMI-CIRCULAR, REVESTIDAS COM BETÃO (\*)  
RUBRICAS 02.6.1.6.6  
02.6.1.6.7



### TROÇO 2

#### Medições. Determinação do caudal afluente e velocidade

ID	Tipo de órgão	Lado	km início	km fim	Extensão (m)	plataforma	talude	Área (m <sup>2</sup> )	C betuminoso	1			Qa (m <sup>3</sup> /s)	Y	Y/H	Sm real	U
										C talude	C médio	1					
Ve13	Valeta com dreño	Esquerdo	0+300	0+425	125	549	306	855	0,9	0,4	0,72	0,034	0,193	0,644	0,043	0,795	
Ve14	Valeta com dreño	Esquerdo	0+600	0+700	700	446	253	699	0,9	0,4	0,72	0,028	0,182	0,605	0,038	0,733	
Ve15	Valeta com dreño	Esquerdo	0+700	0+875	175	773	251	1024	0,9	0,4	0,78	0,044	0,210	0,699	0,051	0,871	
Ve16	Valeta com dreño	Esquerdo	0+875	1+000	125	578	183	761	0,9	0,4	0,78	0,033	0,191	0,636	0,042	0,784	
Ve17	Valeta com dreño	Esquerdo	1+000	1+275	275	1 237	410	1 647	0,9	0,4	0,78	0,071	0,250	0,833	0,072	0,984	
Ve18	Valeta com dreño	Esquerdo	1+275	1+450	175	787	271	1 058	0,9	0,4	0,77	0,045	0,212	0,706	0,052	0,877	
Ve19	Valeta com dreño	Esquerdo	1+450	1+675	225	1 011	345	1 356	0,9	0,4	0,77	0,058	0,231	0,771	0,062	0,942	
Ve20	Valeta com dreño	Esquerdo	1+675	1+850	175	788	277	1 065	0,9	0,4	0,77	0,046	0,212	0,707	0,052	0,878	
Ve21	Valeta com dreño	Esquerdo	1+850	2+050	200	904	322	1 222	0,9	0,4	0,77	0,052	0,222	0,741	0,057	0,914	
Ve22	Valeta com dreño	Esquerdo	2+050	2+250	200	904	262	1 166	0,9	0,4	0,79	0,051	0,220	0,735	0,056	0,909	
Ve23	Valeta com dreño	Esquerdo	2+250	2+375	125	553	163	715	0,9	0,4	0,79	0,031	0,188	0,626	0,041	0,768	
VBe9	Vala de bordadura	Esquerdo	0+450	0+500	50	254	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VBe10	Vala de bordadura	Esquerdo	0+500	0+550	100	235	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VBe11	Vala de bordadura	Esquerdo	0+550	0+600	150	271	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VBe12	Vala de bordadura	Esquerdo	2+375	2+500	125	741	-	741	0,9	-	-	-	-	-	-	-	
VBe13	Vala de bordadura	Esquerdo	2+525	2+600	75	418	-	-	-	-	0,90	0,003	630,000	0,252	0,258	0,012	
VPe7	Vala pé de talude	Esquerdo	0+450	0+500	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPe8	Vala pé de talude	Esquerdo	0+500	0+600	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPe9	Vala pé de talude	Esquerdo	2+375	2+500	125	-	578	578	-	0,4	0,40	0,002	0,020	0,131	0,174	0,014	
VPe10	Vala pé de talude	Esquerdo	2+525	2+600	75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Vd7	Valeta com dreño	Direito	0+300	0+425	125	512	254	766	0,9	0,4	0,73	0,031	0,188	0,625	0,041	0,768	
Vd8	Valeta com dreño	Direito	0+625	0+700	75	347	242	589	0,9	0,4	0,69	0,023	0,172	0,572	0,034	0,669	
Vd9	Valeta com dreño	Direito	0+700	0+875	175	787	335	1 122	0,9	0,4	0,75	0,047	0,214	0,713	0,053	0,886	
Vd10	Valeta com dreño	Direito	0+875	1+000	125	523	198	721	0,9	0,4	0,76	0,031	0,187	0,622	0,040	0,760	
Vd11	Valeta com dreño	Direito	1+000	1+275	275	1 237	485	1 722	0,9	0,4	0,76	0,073	0,252	0,840	0,073	0,990	
Vd12	Valeta com dreño	Direito	1+275	1+450	175	787	286	1 073	0,9	0,4	0,77	0,046	0,212	0,707	0,052	0,879	
Vd13	Valeta com dreño	Direito	1+450	1+675	225	1 010	356	1 366	0,9	0,4	0,77	0,058	0,232	0,772	0,062	0,942	
Vd14	Valeta com dreño	Direito	1+675	1+850	175	787	268	1 055	0,9	0,4	0,77	0,045	0,212	0,705	0,052	0,877	
Vd15	Valeta com dreño	Direito	1+850	2+050	200	899	320	1 219	0,9	0,4	0,77	0,052	0,222	0,741	0,057	0,913	
Vd16	Valeta com dreño	Direito	2+050	2+250	200	892	349	1 241	0,9	0,4	0,76	0,052	0,223	0,742	0,057	0,915	
Vd17	Valeta com dreño	Direito	2+250	2+375	125	550	220	770	0,9	0,4	0,76	0,032	0,190	0,633	0,042	0,779	
Vbd13	Vala de bordadura	Direito	0+425	0+500	75	256	-	256	-	-	-	-	-	-	-	-	
Vbd14	Vala de bordadura	Direito	0+500	0+625	125	578	-	578	-	-	-	-	-	-	-	-	
Vbd15	Vala de bordadura	Direito	2+375	2+525	150	727	-	727	0,9	-	0,90	0,003	0,025	0,247	0,256	0,012	
Vbd16	Vala de bordadura	Direito	2+525	2+600	75	420	-	420	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPd8	Vala pé de talude	Direito	0+450	0+500	50	-	230	230	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPd9	Vala pé de talude	Direito	0+500	0+625	125	-	234	234	-	-	-	-	-	-	-	-	
VPd10	Vala pé de talude	Direito	2+375	2+525	150	-	578	578	-	0,4	0,40	0,002	0,020	0,130	0,173	0,014	
VPd11	Vala pé de talude	Direito	2+525	2+600	75	-	334	334	-	-	-	-	-	-	-	-	

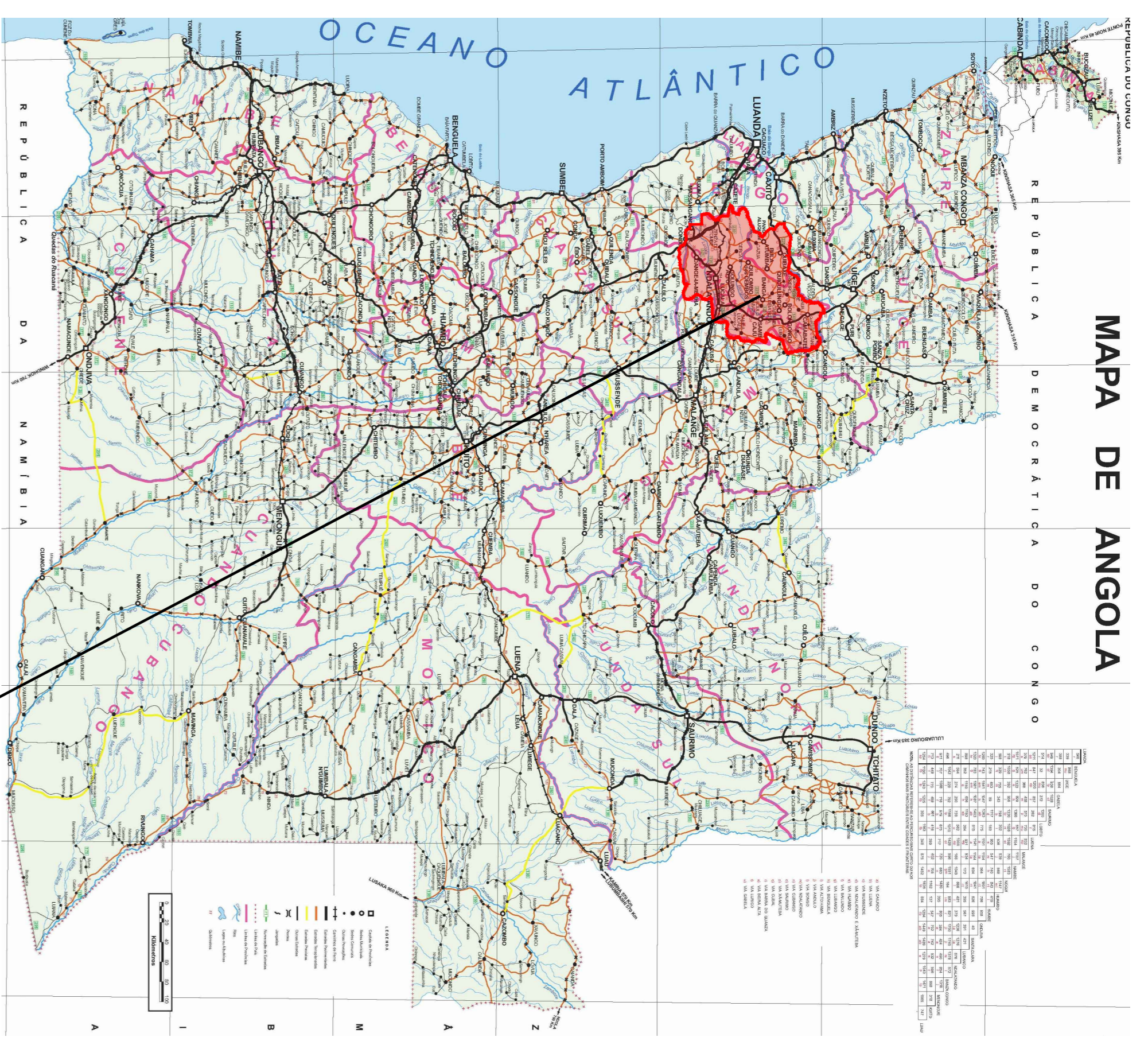
#### Órgãos mais condicionantes por tipo - Dimensionamento

	A (ha)	Ø (mm)	Qv (m <sup>3</sup> /s)	Qa (m <sup>3</sup> /s)	H (mm)	θ (rad)	Sm (m <sup>2</sup> )	Pm (m)	Y (m)	Y/D	U (m/s)
VBe12	0,074	200,00	0,023	0,0032	100,000	2,102	0,258	0,314	0,025	0,252	0,012
VPe9	0,058	300,00	0,067	0,0025	150,000	1,482	0,174	0,471	0,020	0,131	0,014
Vbd15	0,073	200,00	0,023	0,0031	100,000	2,080	0,256	0,314	0,025	0,247	0,012
VPd10	0,058	300,00	0,067	0,0024	150,000	1,477	0,173	0,471	0,020	0,130	0,014

## ANEXO II – PEÇAS DE DESENHADAS

Neste anexo apresentam-se as peças desenhadas produzidas no âmbito deste projeto de drenagem. Na tabela seguinte apresenta-se o índice de peças desenhadas:

<b>Código</b>	<b>Designação</b>	<b>Escala</b>	<b>Formato</b>
PE.DRN-01.1001-R0	Conjunto Esboço Corográfico	1:50000	A1 (841 x 594m)
PE.DRN-01.1002-R0	Bacias Hidrográficas	1:2000	A4+ (651 x 297m)
PE.DRN-01.1003-R0	EC316   SAMBA CAJÚ - BANGA Planta de traçado e perfil longitudinal km 42+825 ao km 44+075	H=1:2000 V=1:200	A1 (841 x 594m)
PE.DRN-01.1004-R0	EC316   SAMBA CAJÚ - BANGA Planta de traçado e perfil longitudinal km 44+100 ao km 45+225	H=1:2000 V=1:200	A1 (841 x 594m)
PE.DRN-01.1005-R0	EC316   SAMBA CAJÚ - BANGA Planta de traçado e perfil longitudinal km 45+250 ao km 45+700	H=1:2000 V=1:200	A1 (841 x 594m)
PE.DRN-01.1006-R0	EC122   BANGA - QUICULUNGO Planta de traçado e perfil longitudinal km 0+000 ao km 1+300	H=1:2000 V=1:200	A1 (841 x 594m)
PE.DRN-01.1007-R0	EC122   BANGA - QUICULUNGO Planta de traçado e perfil longitudinal km 1+325 ao km 2+600	H=1:2000 V=1:200	A1 (841 x 594m)
PE.DRN-01.1008-R0	Perfis Transversais	H=1:2000 V=1:200	A1 (841 x 594m)
PE.DRN-01.1009-R0	Pormenores Construtivos	Várias escalas	A1 (841 x 594m)



**POLIGONAL DE APOIO**

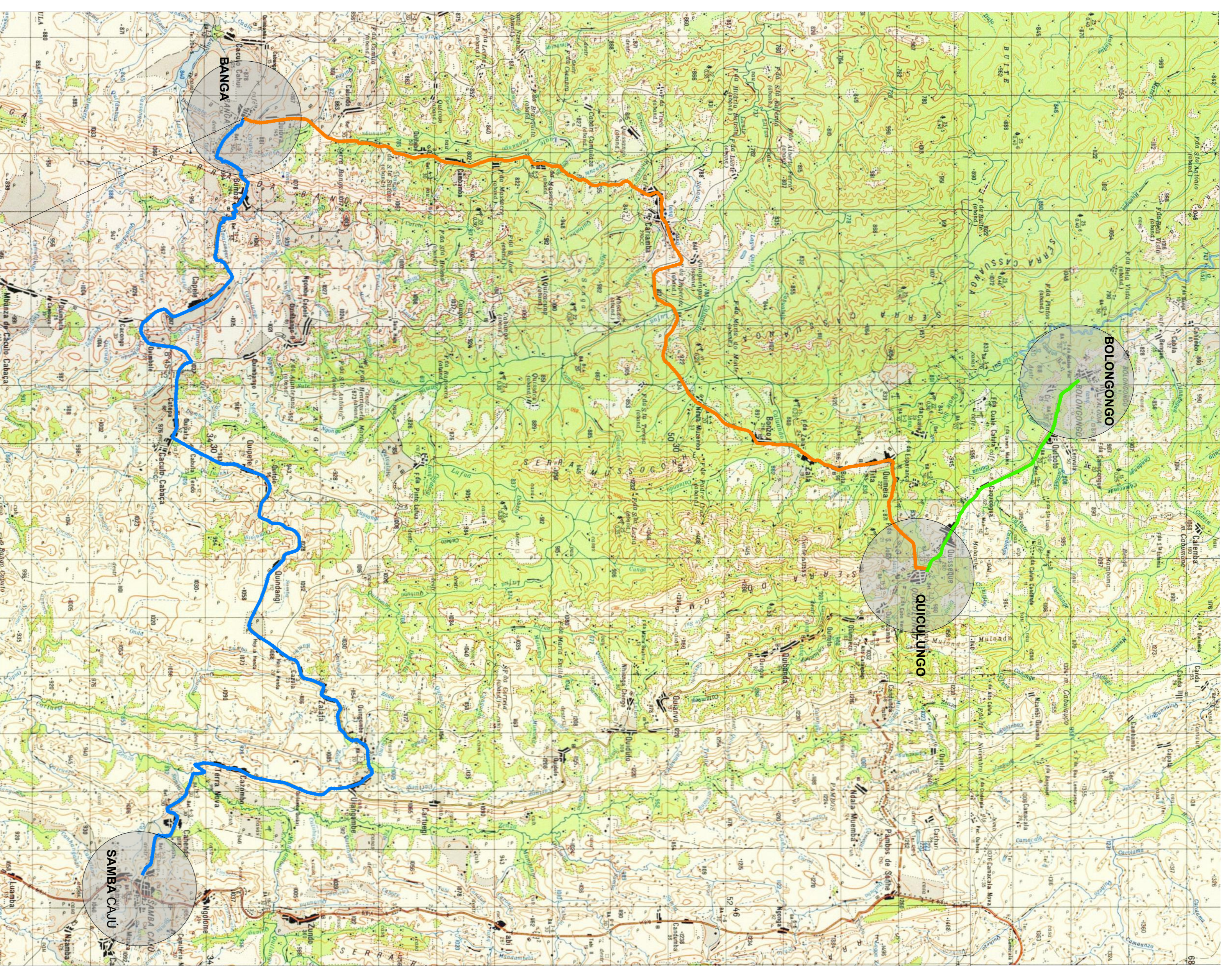
COORDENADAS  
SISTEMA DE REFERENCIA WGS-84  
EC316 | SAMBA CAJU - UANGOMBE - BANGA

BM	Latitude (S)	Longitude (E)	este (m)	norte (m)	altitude altitudinal (m)
01	8°45' 41.08S	15°24' 27.42E	54462.473	8031501.326	1026.120
02	8°45' 39.87S	15°24' 19.00E	54475.462	8031600.461	1017.330
03	8°44' 39.29S	15°22' 15.98E	54006.609	8032402.235	992.200
04	8°44' 22.84S	15°22' 12.30E	54070.601	8033006.262	994.570
05	8°44' 46.18S	15°22' 41.07E	54102.445	8033718.300	1003.431
06	8°44' 34.80S	15°22' 36.34E	54148.248	8033604.742	1029.070
07	8°42' 14.28S	15°20' 57.75E	53642.728	8037859.798	1140.056
08	8°42' 28.87S	15°20' 38.02E	53789.269	8037420.897	1122.708
09	8°43' 7.24S	15°18' 29.24E	53393.401	8036238.040	1033.010
11	8°43' 47.88S	15°16' 37.15E	52647.265	8035012.516	994.110
12	8°45' 4.28S	15°16' 1.07E	52003.811	8020452.390	975.150
13	8°44' 3.98S	15°14' 33.49E	52053.344	8033000.302	993.840
14	8°44' 43.98S	15°14' 38.07E	52068.180	8033338.647	1050.620
15	8°44' 52.98S	15°14' 25.69E	52048.653	8033013.697	1042.710
16	8°44' 34.43S	15°13' 33.80E	52084.643	8033564.097	1023.120
17	8°44' 24.72S	15°13' 29.89E	52172.380	8033661.930	1029.020
18	8°43' 46.28S	15°11' 34.28E	52123.782	8033046.181	983.838
19	8°43' 41.09S	15°11' 21.25E	52081.002	8032302.620	980.771
20	8°43' 47.87S	15°10' 10.99E	51886.334	8030988.343	987.000
21	8°43' 44.69S	15°10' 2.11E	51939.450	8031219.714	986.430

**POLIGONAL DE APOIO**

COORDENADAS  
SISTEMA DE REFERENCIA WGS-84  
EC122 | BANGA - QUICULUNGO

BM	Latitude (S)	Longitude (E)	este (m)	norte (m)	altitude altitudinal (m)
22	8°39' 54.34S	15°10' 51.75E	519917.266	8041268.591	822.860
23	8°39' 42.13S	15°10' 54.98E	520013.920	8042544.181	821.320
24	8°39' 49.96S	15°11' 30.82E	521725.448	8049873.064	837.250
25	8°39' 48.72S	15°11' 1.48E	520262.065	8049711.100	810.060
26	8°39' 38.27S	15°13' 54.09E	525544.097	8052000.957	806.300
27	8°39' 42.82S	15°14' 4.27E	525960.826	8049867.800	824.270
28	8°39' 12.89S	15°15' 38.49E	529298.415	8052659.994	890.200
30	8°39' 6.27S	15°16' 34.89E	530413.661	8056537.566	843.910
31	8°39' 38.40S	15°16' 20.16E	530230.528	8057300.815	828.000



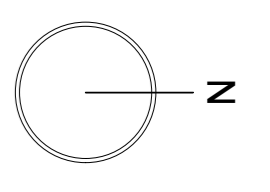
**POLIGONAL DE APOIO**

COORDENADAS  
SISTEMA DE REFERENCIA WGS-84  
EN225 | QUICULUNGO - BOLONGONGO

BM	Latitude (S)	Longitude (E)	este (m)	norte (m)	altitude altitudinal (m)
32	8°39' 55.79S	15°18' 38.38E	534189.951	8058999.594	864.460
34	8°38' 22.07S	15°15' 13.47E	527020.338	8063524.933	821.320
35	8°38' 2.87S	15°14' 58.91E	527472.538	8064014.847	881.520

**ZONA OBJETO DO PRESENTE ESTUDO ACADÉMICO  
(PROJETO - DIPRE)**

— TROÇO 1 (43+275 - 45+700) = 2425 m  
— TROÇO 2 (0+300 - 2+600) = 2300 m



**Legenda:**

- EC316 Samba Caju - Banga (46 kms)
- EC122 Banga - Quiculungo (36 kms)
- EN225 Quiculungo - Bolongongo (6 kms)

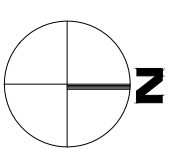
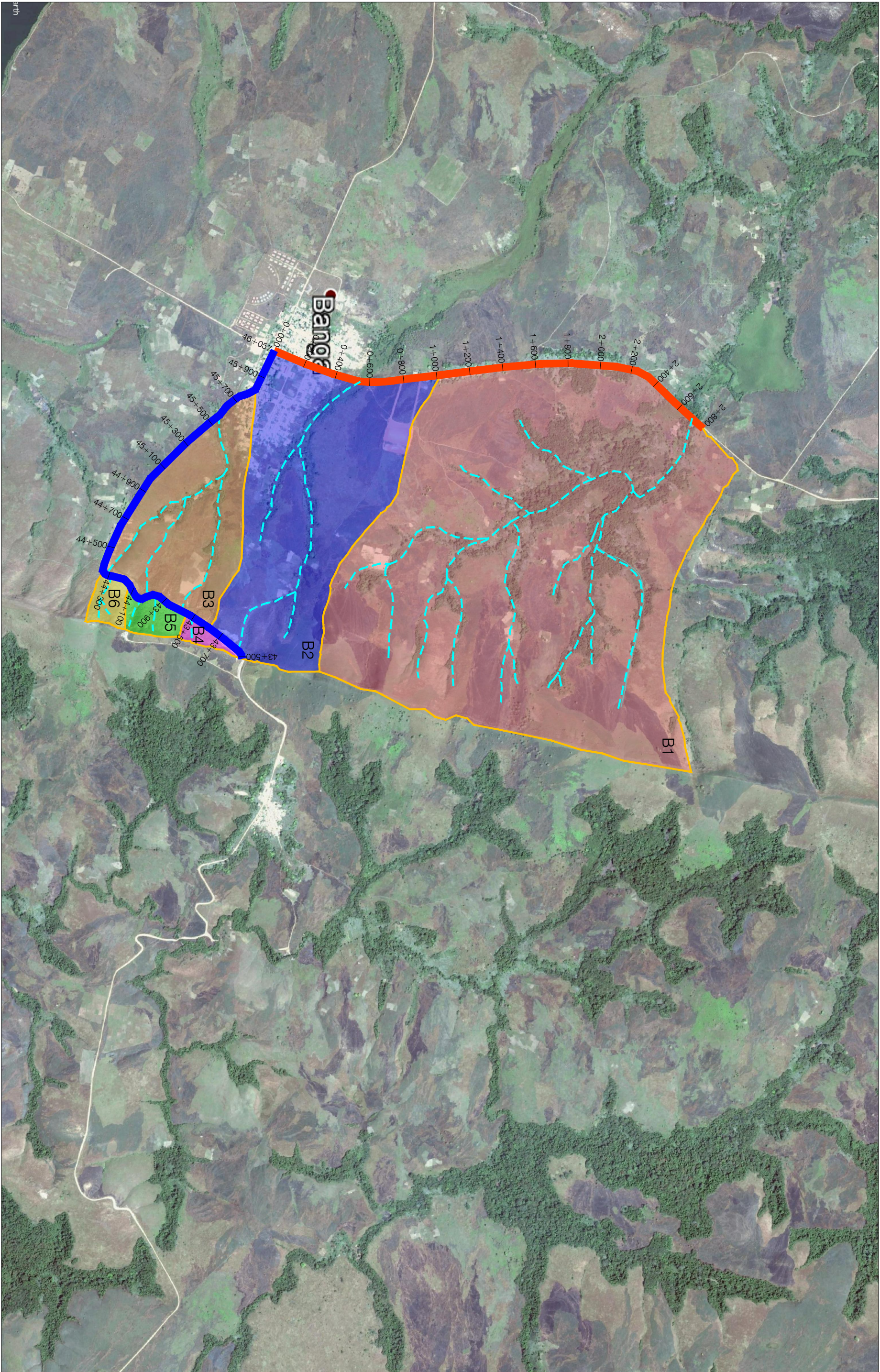
Projeto executado por:

**FEABRILTAÇÃO DA ESTADA EC 316 | EC 122 | EN 225**  
TROÇO SAMBA CAJU | UANGOMBE | BANGA | QUICULUNGO

Título do documento:  
**CONJUNTO**  
Estopo Geográfico:  
Samba Caju - Uiangombe - Banga  
Banga - Quiculungo - Bolongongo

Projeto executado por:  
**PE-DRN-01-1001-RO**  
Outras:

Escala: 1:50000



LEGENDA:

- Bacia Hidrográfica B1
- Bacia Hidrográfica B2
- Bacia Hidrográfica B3
- Bacia Hidrográfica B4
- Bacia Hidrográfica B5
- Bacia Hidrográfica B6
- Delimitação das bacias hidrográficas
- Marcação de linhas de água
- Troço 1
- Troço 2

QUADRO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS:

Bacia	Área (km <sup>2</sup> )	L.A. (m)	C. Max (m)	C. Min (m)	ΔH (m)	i (%)
B1	4,35	3098,00	979,00	839,00	140,00	4,52
B2	1,30	1951,00	985,00	861,00	124,00	6,36
B3	0,68	1331,00	953,00	874,00	79,00	5,94
B4	0,05	156,00	1037,00	987,00	50,00	32,05
B5	0,08	225,00	1036,00	957,00	79,00	35,11
B6	0,06	269,00	1023,00	955,00	68,00	25,28

emprego/emprego  
 REABILITAÇÃO DA ESTRADA EC 316 | EC 122 | EN 225  
 TROÇO SAMBA CAJÚ | UANGOMBE | BANGA |  
 QUICULUNGO

código do projetista

Fase  
 EXECUÇÃO

especialidade  
 VIAS DE COMUNICAÇÃO - DRENAGEM

Técnico responsável  
 Joana Ferreira

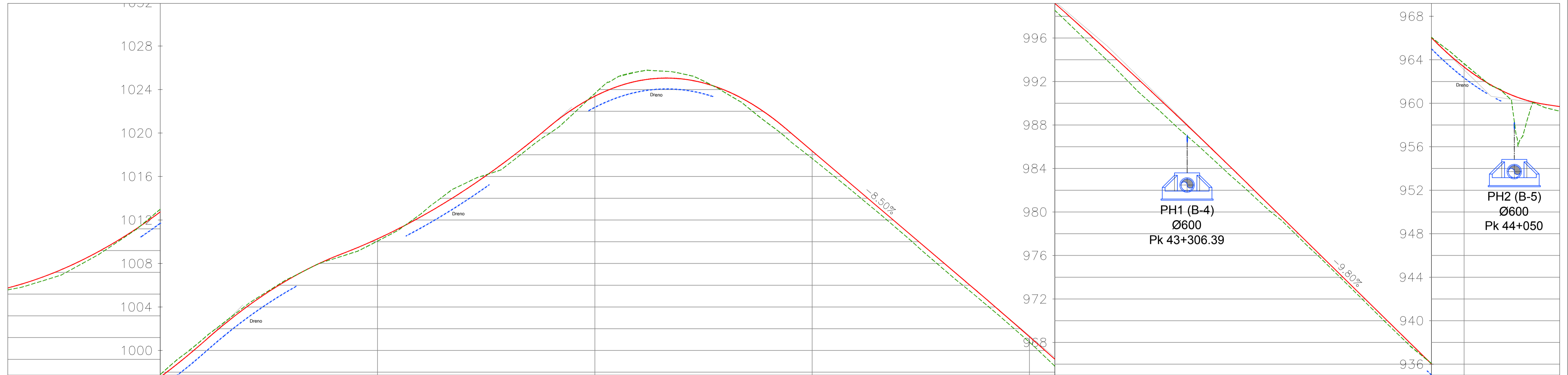
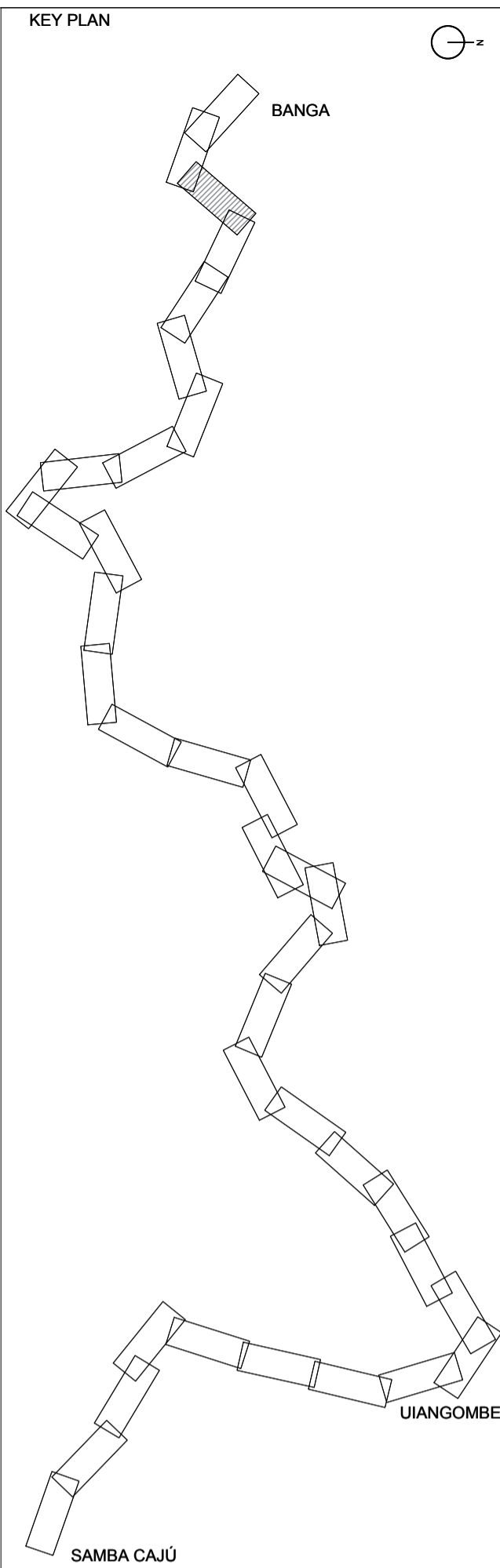
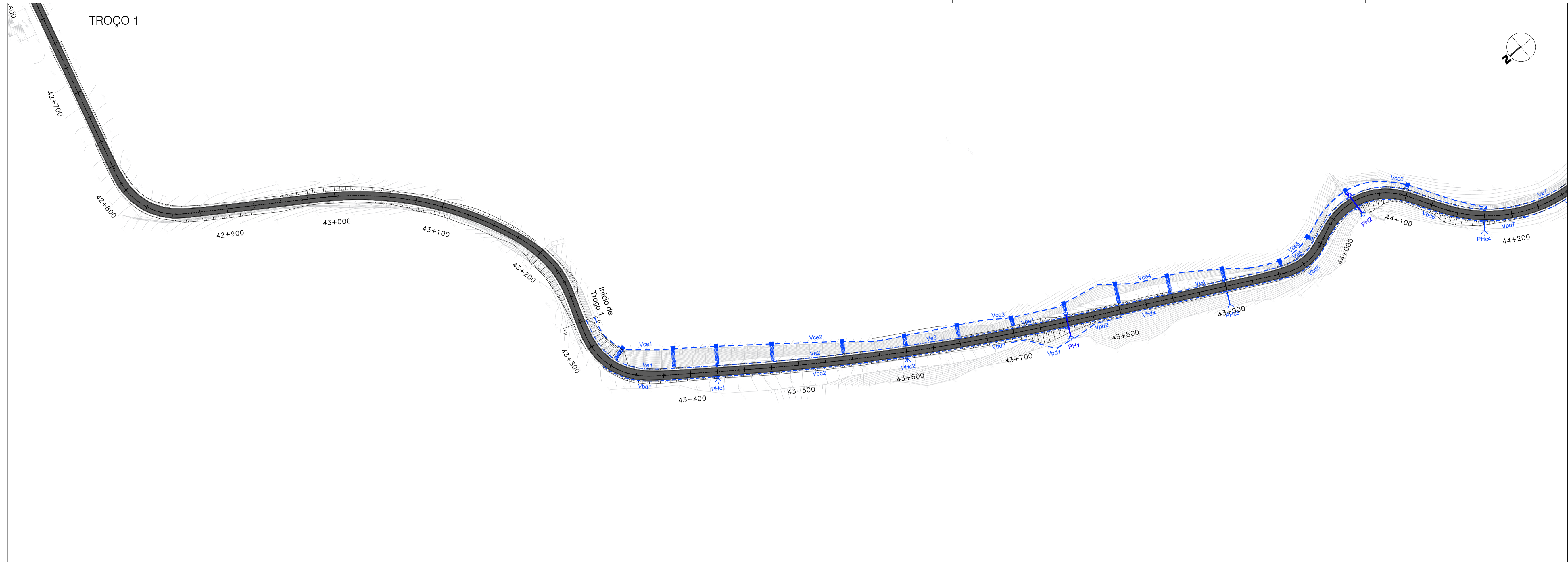
título do desenho  
 BACIAS HIDROGRÁFICAS  
 QUADRO DE BACIAS

desenhou  
 JF001

aprovou

n.º desenho  
 PE.DRN-01.1002-R0

escala  
 1:2000



QUILOMETRAGEM	42+800	43+000	43+200	43+400	43+600	43+800	44+000
COTAS TERRENO	997.80	999.86	1001.90	1003.83	1005.51	1006.94	1008.13
COTAS RASANTE	997.56	999.51	1001.66	1003.66	1005.42	1006.92	1008.17
VALA PÉ DE TALUDE CRISTA	Início de Troço 1						
VALETA LATERAL	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6						
VALETA DE BORDADURA	Vbd1, Vbd2, Vbd3, Vbd4, Vbd5, Vbd6						
EIXO	PHc1, PHc2, PHc3, PH2						
VALETA DE BORDADURA	Vpd1, Vpd2, Vpd3						
VALA PÉ DE TALUDE CRISTA	Início de Troço 1						

- LEGENDA:
- Ve; Vd - Valeta com dreno esq/dir
  - Vpe; Vpd - Valeta pé de talude esq/dir
  - Vce; Vcd - Valeta de crista esq/dir
  - Vbe; Vbd - Valeta de bordadura esq/dir
  - Desvio para o terreno natural
  - PH - Passagem hidráulica
  - PHc - Coteiros de evacuação lateral
  - Caixa de ligação

empreendimento  
 REABILITAÇÃO DA ESTRADA EC 316 | EC 122 | EN 225  
 TROÇO SAMBA CAJÚ | UIANGOMBE | BANGA | QUIÇULLUNGO

código do projetista

tipo  
 EXECUÇÃO

especialidade  
 VIAS DE COMUNICAÇÃO - DRENAGEM

lâmina responsável  
 Joana Ferreira

título do desenho  
 EC316 | SAMBA CAJÚ - BANGA  
 Planta e perfil longitudinal  
 km 43+275 ao km 44+100

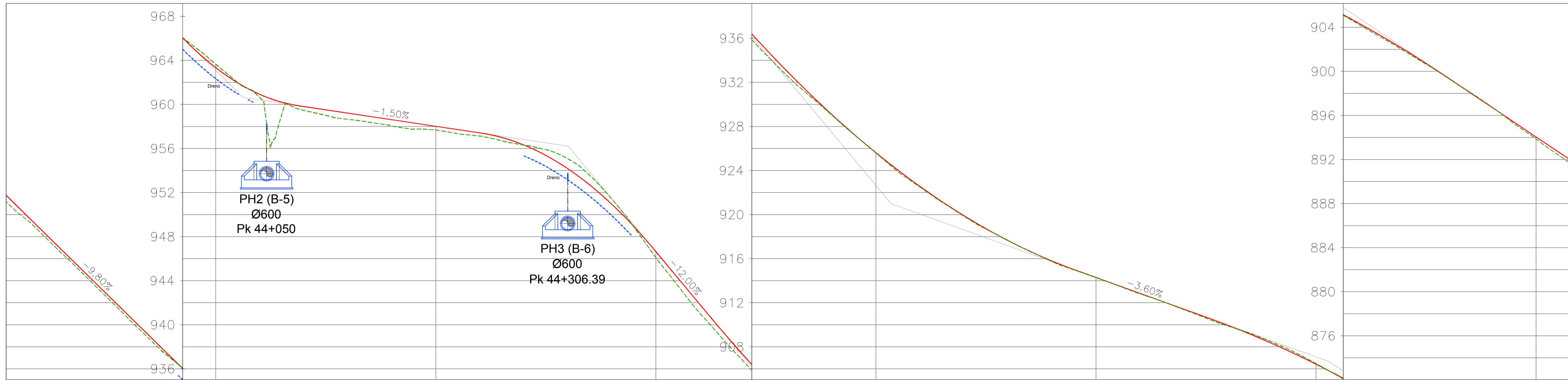
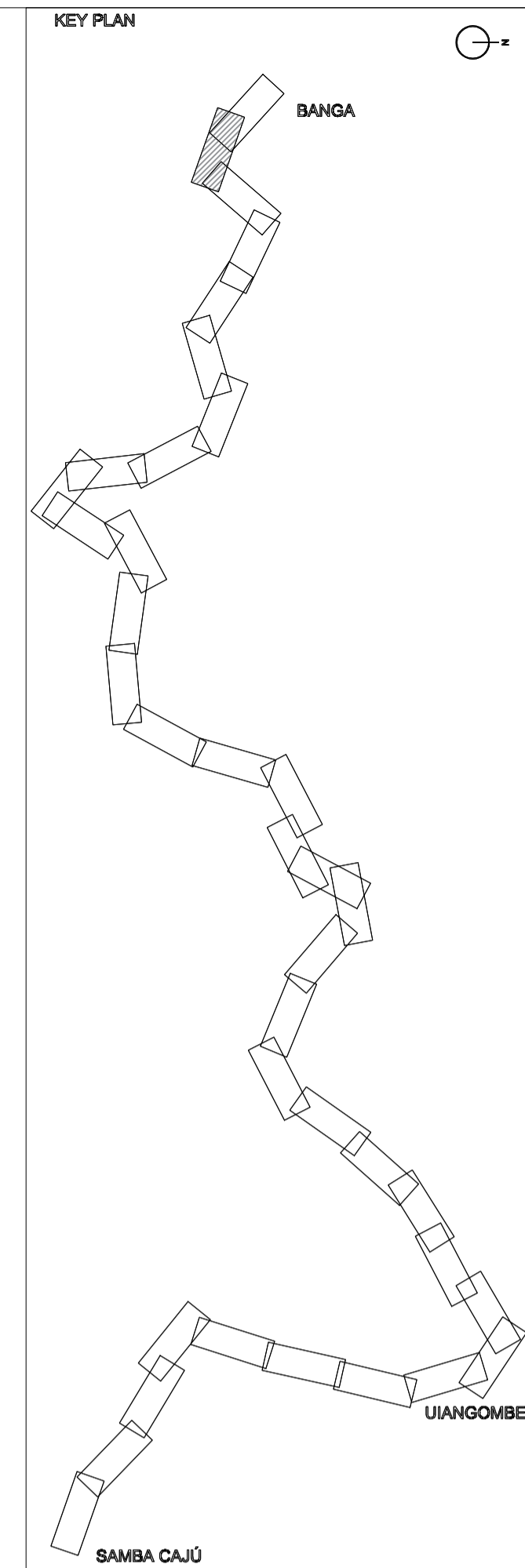
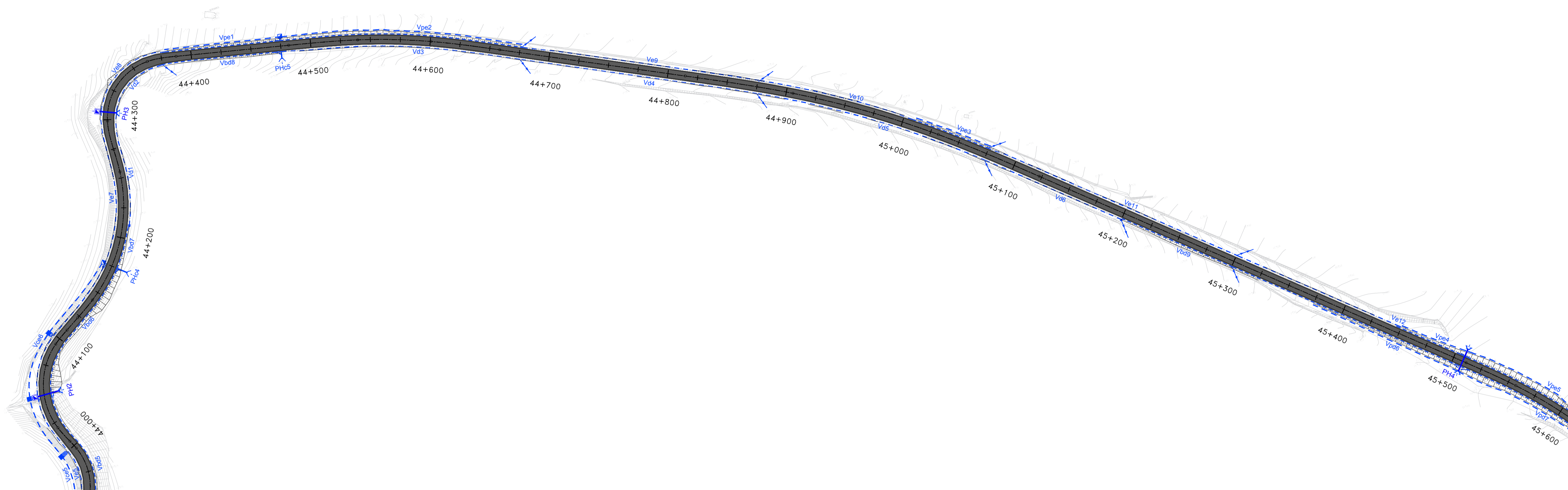
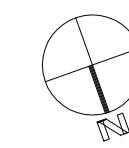
desenhista  
 JF001

nº desenho  
 PE.DRN-01.1003-R0

aprova  
 escala  
 H=1:2000  
 V=1:200

Este desenho é propriedade de SPT - Instituto Superior de Engenharia do Porto. É encerrado por protocolo próprio do SPT e não pode ser utilizado sem a autorização expressa do SPT.

A1 (841 x 594mm)



- LEGENDA:**
- - - - - Vc - Vala com dreno esq/dir
  - - - - - Vpe; Vpd - Vale pé de talude esq/dir
  - - - - - Vce; Vcd - Vale de crista esq/dir
  - - - - - Vbe; Vbd - Vale de bordadura esq/dir
  - - - - - Desvio para o terreno natural
  - PH - Passagem hidráulica
  - PHc - Coletores de evacuação lateral
  - Caixa de ligação

empreendimento  
 REABILITAÇÃO DA ESTRADA EC 316 | EC 122 | EN 225  
 TROÇO SAMBA CAJÚ | UIANGOMBE | BANGA | QUICULLUNGO

código do projeto

fase  
**EXECUÇÃO**

especialidade  
**VIAS DE COMUNICAÇÃO - DRENAGEM**

técnico responsável  
 Joana Ferreira

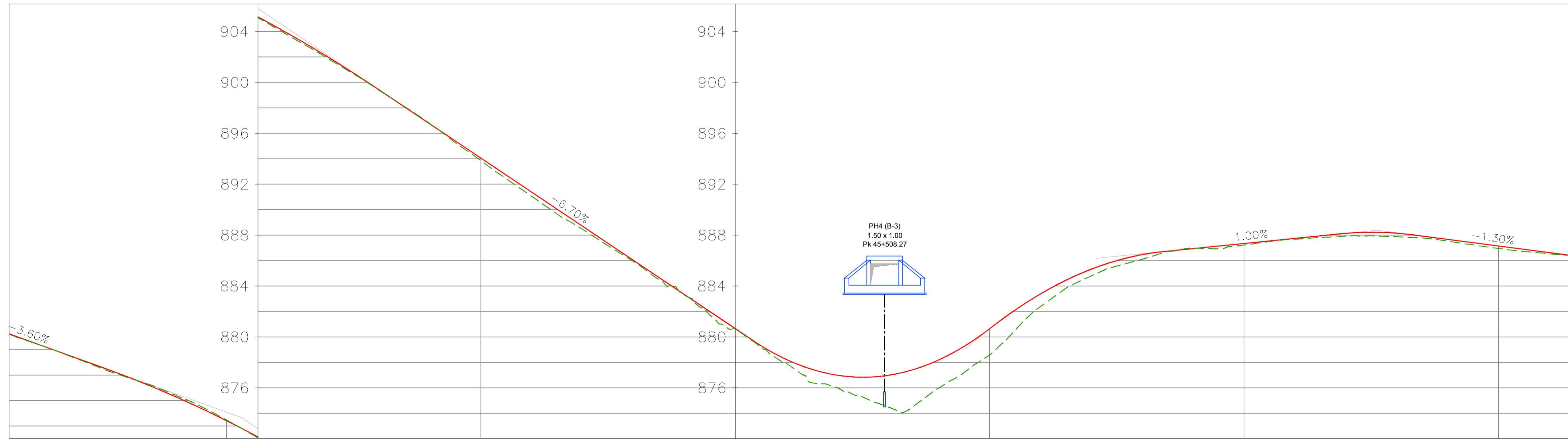
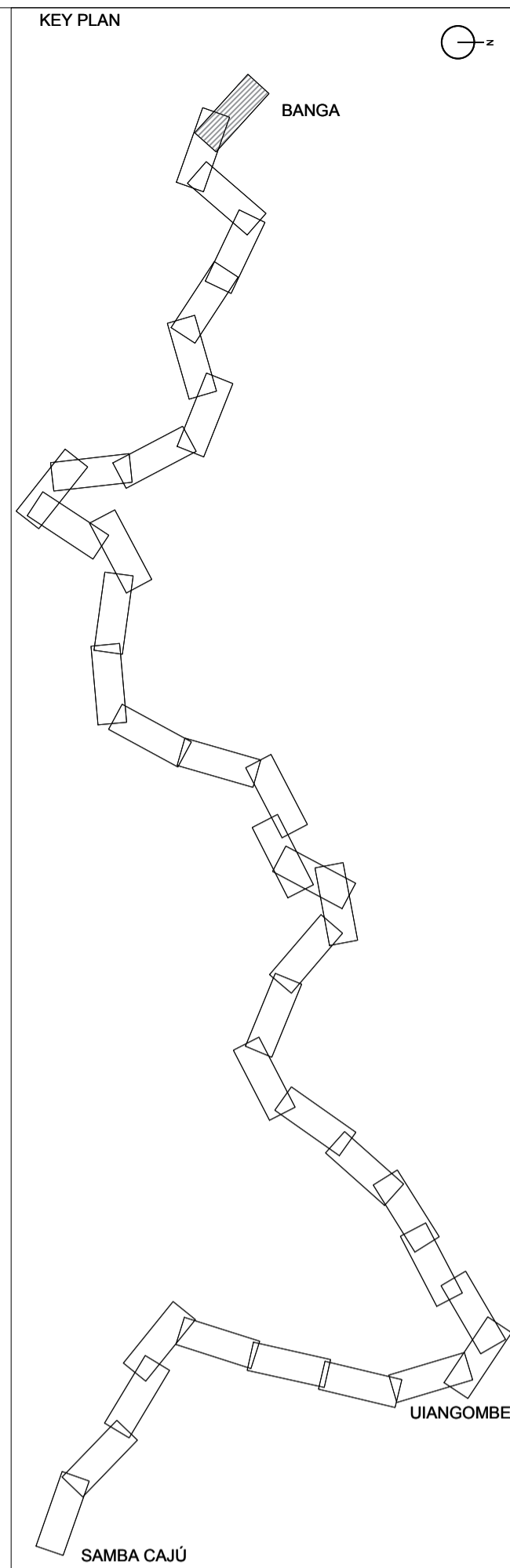
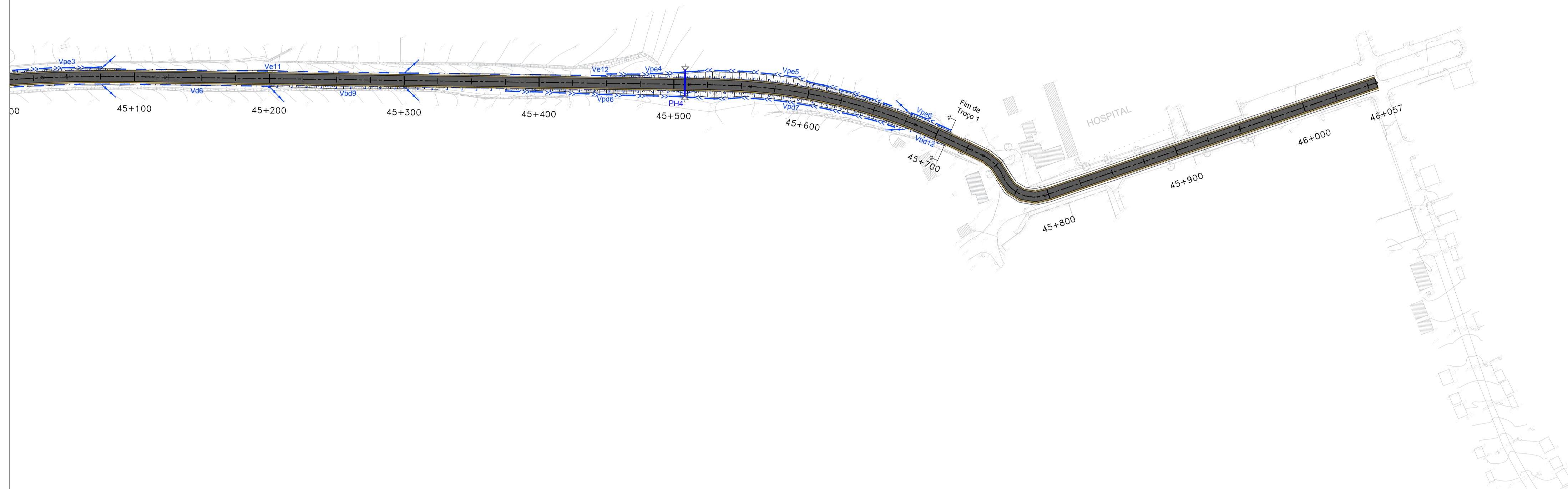
título do desenho  
 EC316 | SAMBA CAJÚ - BANGA  
 Planta e perfil longitudinal  
 km 44+125 ao km 45+350

desenhou  
 JF001

aprovou  
 escala  
 H=1:2000  
 V=1:200

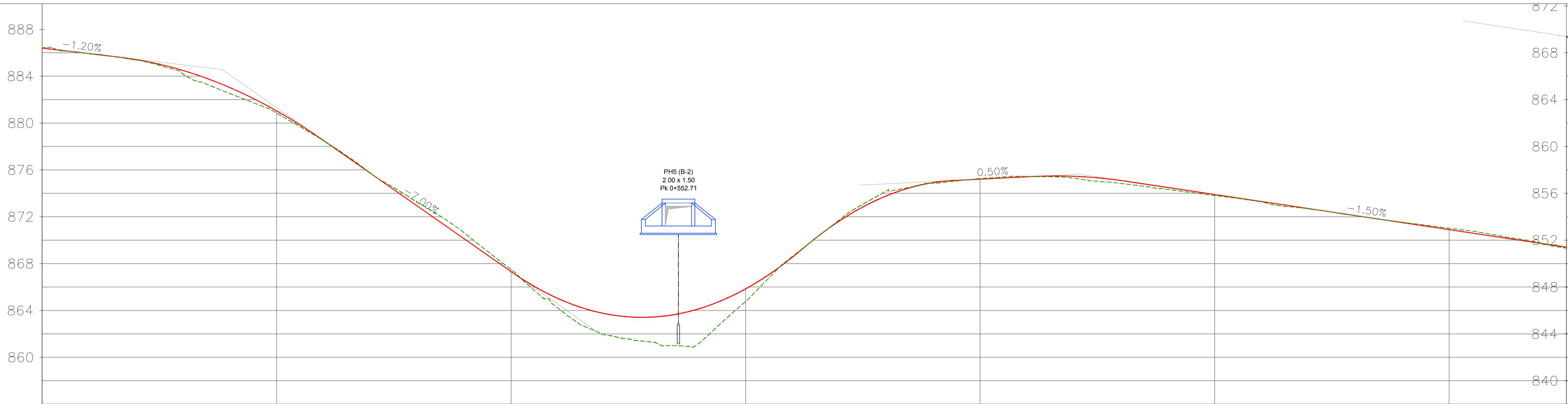
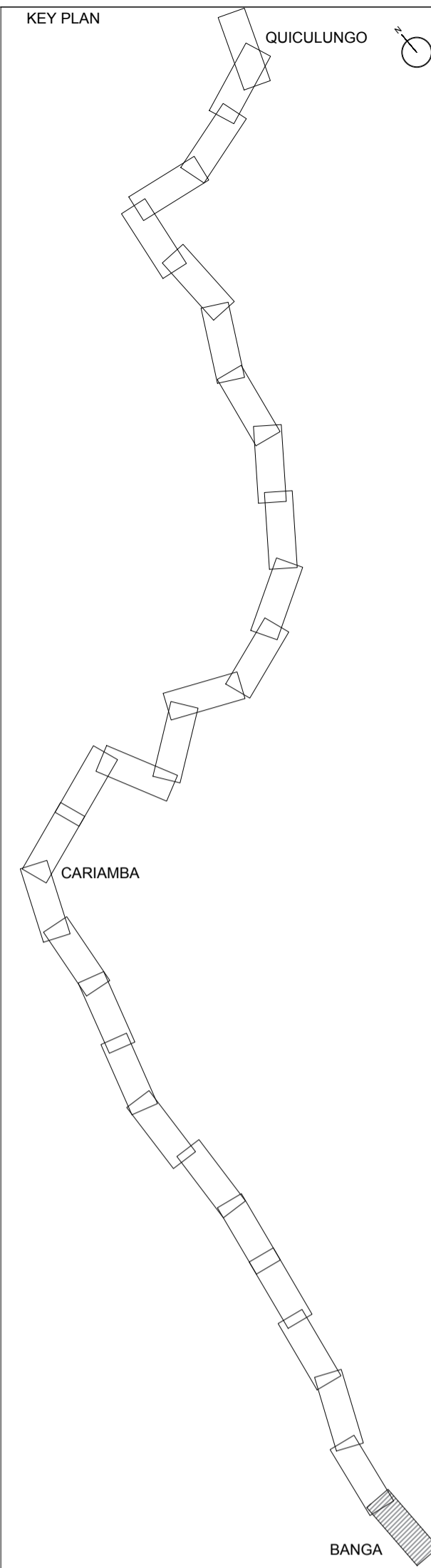
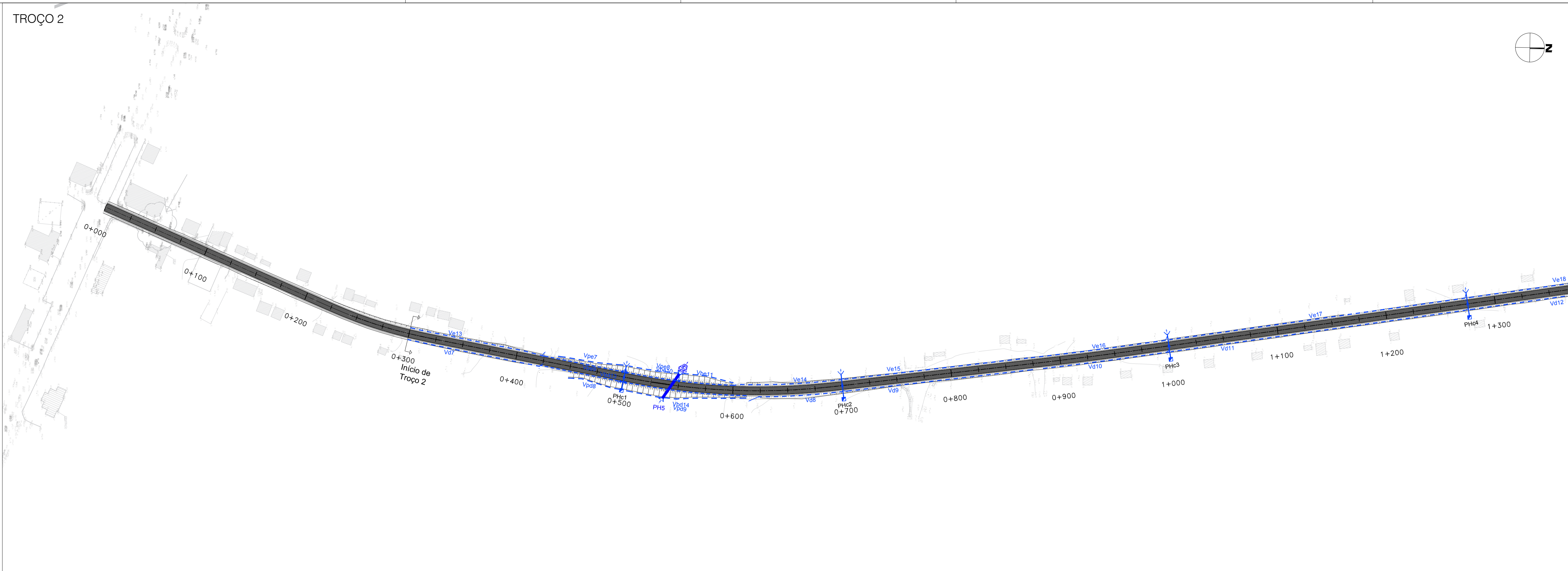
QUILOMETRAGEM	44+000	44+100	44+200	44+300	44+400	44+500	44+600	44+700	44+800	44+900	45+000	45+100	45+200	45+300	45+400	45+500	45+600
COTAS TERRENO	967.71	965.67	963.65	961.60	959.59	957.58	955.57	953.54	951.51	949.48	947.45	945.42	943.39	941.36	939.33	937.30	935.27
COTAS RASANTE	967.98	965.53	963.34	961.67	960.52	959.89	959.51	959.14	958.59	958.23	957.86	957.67	957.28	957.24	956.94	956.52	955.37
VALA PÉ DE TALUDE CRISTA	[Diagram showing Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12]																
VALETA LATERAL	[Diagram showing Vd1, Vd2, Vd3, Vd4, Vd5, Vd6]																
VALETA DE BORDADURA	[Diagram showing Vbd5, Vbd6, Vbd7, Vbd8]																
EIXO	[Diagram showing Vpe1, Vpe2, Vpe3]																
VALETA DE BORDADURA	[Diagram showing Vpd3, Vpd4, Vpd5, Vpd6]																
VALETA LATERAL	[Diagram showing Vpe1, Vpe2, Vpe3]																
VALA PÉ DE TALUDE CRISTA	[Diagram showing Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12]																
	PH2 Ø600 Pk 44+050 PH3 Ø600 Pk 44+306.39 PHc5 Ø600 Pk 44+475																

Este desenho é propriedade de GSP - Instituto Superior de Engenharia do Porto. É encontrada protegido pelos direitos de autor e  
 demais normas, não podendo ser utilizado, reproduzido por todo ou em parte, sem autorização expressa do GSP.



QUILOMETRAGEM	45+000										45+200										45+400										45+600										45+800										46+000										46+057																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
COTAS TERRENO	906.84	907.75	906.48	905.06	903.61	902.16	900.66	899.06	897.44	895.64	893.85	892.08	890.35	888.76	887.17	885.59	884.00	882.32	880.61	878.89	877.23	875.58	873.94	872.28	870.64	868.97	867.29	865.63	863.94	862.22	860.55	858.86	857.13	855.39	853.64	851.88	850.11	848.33	846.54	844.74	842.93	841.11	839.28	837.44	835.59	833.74	831.88	830.01	828.13	826.24	824.34	822.43	820.51	818.58	816.64	814.69	812.74	810.78	808.81	806.84	804.86	802.87	800.87	798.86	796.84	794.81	792.78	790.74	788.69	786.64	784.58	782.51	780.44	778.36	776.28	774.19	772.09	769.98	767.86	765.74	763.61	761.48	759.34	757.19	755.04	752.88	750.71	748.54	746.36	744.18	742.00	739.81	737.62	735.43	733.24	731.04	728.84	726.64	724.43	722.22	720.01	717.80	715.59	713.37	711.15	708.93	706.71	704.49	702.26	700.04	697.82	695.59	693.37	691.14	688.91	686.68	684.45	682.22	680.00	677.77	675.54	673.31	671.08	668.85	666.62	664.39	662.16	659.93	657.70	655.47	653.24	651.01	648.78	646.55	644.32	642.09	639.86	637.63	635.40	633.17	630.94	628.71	626.48	624.25	622.02	619.79	617.56	615.33	613.10	610.87	608.64	606.41	604.18	601.95	599.72	597.49	595.26	593.03	590.80	588.57	586.34	584.11	581.88	579.65	577.42	575.19	572.96	570.73	568.50	566.27	564.04	561.81	559.58	557.35	555.12	552.89	550.66	548.43	546.20	543.97	541.74	539.51	537.28	535.05	532.82	530.59	528.36	526.13	523.90	521.67	519.44	517.21	514.98	512.75	510.52	508.29	506.06	503.83	501.60	499.37	497.14	494.91	492.68	490.45	488.22	485.99	483.76	481.53	479.30	477.07	474.84	472.61	470.38	468.15	465.92	463.69	461.46	459.23	457.00	454.77	452.54	450.31	448.08	445.85	443.62	441.39	439.16	436.93	434.70	432.47	430.24	428.01	425.78	423.55	421.32	419.09	416.86	414.63	412.40	410.17	407.94	405.71	403.48	401.25	399.02	396.79	394.56	392.33	390.10	387.87	385.64	383.41	381.18	378.95	376.72	374.49	372.26	370.03	367.80	365.57	363.34	361.11	358.88	356.65	354.42	352.19	349.96	347.73	345.50	343.27	341.04	338.81	336.58	334.35	332.12	329.89	327.66	325.43	323.20	320.97	318.74	316.51	314.28	312.05	309.82	307.59	305.36	303.13	300.90	298.67	296.44	294.21	291.98	289.75	287.52	285.29	283.06	280.83	278.60	276.37	274.14	271.91	269.68	267.45	265.22	262.99	260.76	258.53	256.30	254.07	251.84	249.61	247.38	245.15	242.92	240.69	238.46	236.23	234.00	231.77	229.54	227.31	225.08	222.85	220.62	218.39	216.16	213.93	211.70	209.47	207.24	205.01	202.78	200.55	198.32	196.09	193.86	191.63	189.40	187.17	184.94	182.71	180.48	178.25	176.02	173.79	171.56	169.33	167.10	164.87	162.64	160.41	158.18	155.95	153.72	151.49	149.26	147.03	144.80	142.57	140.34	138.11	135.88	133.65	131.42	129.19	126.96	124.73	122.50	120.27	118.04	115.81	113.58	111.35	109.12	106.89	104.66	102.43	100.20	97.97	95.74	93.51	91.28	89.05	86.82	84.59	82.36	80.13	77.90	75.67	73.44	71.21	68.98	66.75	64.52	62.29	60.06	57.83	55.60	53.37	51.14	48.91	46.68	44.45	42.22	39.99	37.76	35.53	33.30	31.07	28.84	26.61	24.38	22.15	19.92	17.69	15.46	13.23	11.00	8.77	6.54	4.31	2.08	-0.15	-2.38	-4.61	-6.84	-9.07	-11.30	-13.53	-15.76	-17.99	-20.22	-22.45	-24.68	-26.91	-29.14	-31.37	-33.60	-35.83	-38.06	-40.29	-42.52	-44.75	-46.98	-49.21	-51.44	-53.67	-55.90	-58.13	-60.36	-62.59	-64.82	-67.05	-69.28	-71.51	-73.74	-75.97	-78.20	-80.43	-82.66	-84.89	-87.12	-89.35	-91.58	-93.81	-96.04	-98.27	-100.50	-102.73	-104.96	-107.19	-109.42	-111.65	-113.88	-116.11	-118.34	-120.57	-122.80	-125.03	-127.26	-129.49	-131.72	-133.95	-136.18	-138.41	-140.64	-142.87	-145.10	-147.33	-149.56	-151.79	-154.02	-156.25	-158.48	-160.71	-162.94	-165.17	-167.40	-169.63	-171.86	-174.09	-176.32	-178.55	-180.78	-183.01	-185.24	-187.47	-189.70	-191.93	-194.16	-196.39	-198.62	-200.85	-203.08	-205.31	-207.54	-209.77	-212.00	-214.23	-216.46	-218.69	-220.92	-223.15	-225.38	-227.61	-229.84	-232.07	-234.30	-236.53	-238.76	-241.00	-243.23	-245.46	-247.69	-249.92	-252.15	-254.38	-256.61	-258.84	-261.07	-263.30	-265.53	-267.76	-270.00	-272.23	-274.46	-276.69	-278.92	-281.15	-283.38	-285.61	-287.84	-290.07	-292.30	-294.53	-296.76	-299.00	-301.23	-303.46	-305.69	-307.92	-310.15	-312.38	-314.61	-316.84	-319.07	-321.30	-323.53	-325.76	-328.00	-330.23	-332.46	-334.69	-336.92	-339.15	-341.38	-343.61	-345.84	-348.07	-350.30	-352.53	-354.76	-357.00	-359.23	-361.46	-363.69	-365.92	-368.15	-370.38	-372.61	-374.84	-377.07	-379.30	-381.53	-383.76	-386.00	-388.23	-390.46	-392.69	-394.92	-397.15	-399.38	-401.61	-403.84	-406.07	-408.30	-410.53	-412.76	-415.00	-417.23	-419.46	-421.69	-423.92	-426.15	-428.38	-430.61	-432.84	-435.07	-437.30	-439.53	-441.76	-444.00	-446.23	-448.46	-450.69	-452.92	-455.15	-457.38	-459.61	-461.84	-464.07	-466.30	-468.53	-470.76	-473.00	-475.23	-477.46	-479.69	-481.92	-484.15	-486.38	-488.61	-490.84	-493.07	-495.30	-497.53	-499.76	-502.00	-504.23	-506.46	-508.69	-510.92	-513.15	-515.38	-517.61	-519.84	-522.07	-524.30	-526.53	-528.76	-531.00	-533.23	-535.46	-537.69	-539.92	-542.15	-544.38	-546.61	-548.84	-551.07	-553.30	-555.53	-557.76	-560.00	-562.23	-564.46	-566.69	-568.92	-571.15	-573.38	-575.61	-577.84	-580.07	-582.30	-584.53	-586.76	-589.00	-591.23	-593.46	-595.69	-597.92	-600.15	-602.38	-604.61	-606.84	-609.07	-611.30	-613.53	-615.76	-618.00	-620.23	-622.46	-624.69	-626.92	-629.15	-631.38	-633.61	-635.84	-638.07	-640.30	-642.53	-644.76	-647.00	-649.23	-651.46	-653.69	-655.92	-658.15	-660.38	-662.61	-664.84	-667.07	-669.30	-671.53	-673.76	-676.00	-678.23	-680.46	-682.69	-684.92	-687.15	-689.38	-691.61	-693.84	-696.07	-698.30	-700.53	-702.76	-705.00	-707.23	-709.46	-711.69	-713.92	-716.15	-718.38	-720.61	-722.84	-725.07	-727.30	-729.53	-731.76	-734.00	-736.23	-738.46	-740.69	-742.92	-745.15	-747.38	-749.61	-751.84	-754.07	-756.30	-758.53	-760.76	-763.00	-765.23	-767.46	-769.69	-771.92	-774.15	-776.38	-778.61	-780.84	-783.07	-785.30	-787.53	-789.76	-792.00	-794.23	-796.46	-798.69	-800.92	-803.15	-805.38	-807.61	-809.84	-812.07	-814.30	-816.53	-818.76	-821.00	-823.23	-825.46	-827.69	-829.92	-832.15	-834.38	-836.61	-838.84	-841.07	-843.30	-845.53	-847.76	-850.00	-852.23	-854.46	-856.69	-858.92	-861.15	-863.38	-865.61	-867.84	-870.07	-872.30	-874.53	-876.76	-879.00	-881.23	-883.46	-885.69	-887.92	-890.15	-892.38	-894.61	-896.84	-899.07	-901.30	-903.53	-905.76	-908.00	-910.23	-912.46	-914.69	-916.92	-919.15	-921.38	-923.61	-925.84	-928.07	-930.30	-932.53	-934.76	-937.00	-939.23	-941.46	-943.69	-945.92	-948.15	-950.38	-952.61	-954.84	-957.07	-959.30	-961.53	-963.76	-966.00	-968.23	-970.46	-972.69	-974.92	-977.15	-979.38	-981.61	-983.84	-986.07	-988.30	-990.53	-992.76	-995.00	-997.23	-999.46	-1001.69	-1003.92	-1006.15	-1008.38	-1010.61	-1012.84	-1015.07	-1017.30	-1019.53	-1021.76	-1024.00	-1026.23	-1028.46	-1030.69	-1032.92	-1035.15	-1037.38	-1039.61	-1041.84	-1044.07	-1046.30	-1048.53	-1050.76	-1053.00	-1055.23	-1057.46	-1059.69	-1061.92	-1064.15	-1066.38	-1068.61	-1070.84	-1073.07	-1075.30	-1077.53	-1079.76	-1082.00	-1084.23	-1086.46	-1088.69	-1090.92	-1093.15	-1095.38	-1097.61	-1099.84	-1102.07	-1104.30	-1106.53	-1108.76	-1111.00	-1113.23	-1115.46	-1117.69	-1119.92	-1122.15	-1124.38	-1126.61	-1128.84	-1131.07	-1133.30	-1135.53	-1137.76	-1140.00	-1142.23	-1144.46	-1146.69	-1148.92	-1151.15	-1153.38	-1155.61	-1157.84	-1160.07	-1162.30	-1164.53	-1166.76	-1169.00	-1171.23	-1173.46	-1175.69	-1177.92	-1180.15	-1182.38	-1184.61	-1186.84	-1189.07	-1191.30	-1193.53	-1195.76	-1198.00	-1200.23	-1202.46	-1204.69	-1206.92	-1209.15	-1211.38	-1213.61	-1215.84	-1218.07	-1220.30	-1222.53	-1224.76	-1227.00	-1229.23	-1231.46	-1233.69	-1235.92	-1238.15	-1240.38	-1242.61	-1244.84	-1247.07	-1249.30	-1251.53	-1253.76	-1256.00	-1258.23	-1260.46	-1262.69	-1264.92	-1267.15	-1269.38	-1271.61	-1273.84	-1276.07	-1278.30	-1280.53	-1282.76	-1285.00	-1287.23	-1289.46	-1291.69	-1293.92	-1296.15	-1298.38	-1300.61	-1302.84	-1305.07	-1307.30	-1309.53	-1311.76	-1314.00	-1316.23	-1318.46	-1320.69	-1322.92	-1325.15	-1327.38	-1329.61	-1331.84	-1334.07	-1336.30	-1338.53	-1340.76	-1343.00	-1345.23	-1347.46	-1349.69	-1351.92	-1354.15	-1356.38	-1358.61	-1360.84	-1363.07	-1365.30	-1367.53	-1369.76	-1372.00	-1374.23	-1376.46	-1378.69	-1380.92	-1383.15	-1385.38	-1387.61	-1389.84	-1392.07	-1394.30	-1396.53	-1398.76	-1401.00	-1403.23	-1405.46	-1407.69	-1409.92	-1412.15	-1414.38	-1416.61	-1418.84	-1421.07	-1423.30	-1425.53	-1427.76	-1430.00	-1432.23	-

TROÇO 2



QUILOMETRAGEM	0+000	0+100	0+200	0+300	0+400	0+500	0+600	0+700	0+800	0+900	1+000	1+100	1+200	1+300																																																									
COTAS TERRENO	886.41	886.12	885.84	885.45	884.93	883.90	882.92	881.94	880.86	879.39	877.87	876.11	874.49	872.95	871.36	869.44	867.50	865.26	863.43	862.13	861.57	861.17	860.93	864.66	862.55	864.76	867.42	869.30	869.40	871.35	872.84	873.06	874.23	874.76	875.00	875.21	875.26	875.34	875.44	875.42	875.34	875.03	874.78	874.65	874.44	874.27	874.14	873.90	873.82	873.52	873.49	873.15	873.02	872.77	872.74	872.40	872.39	872.02	872.03	871.65	871.67	871.34	871.02	870.90	870.70	870.52	870.15	869.77	869.84	868.41	868.31
COTAS RASANTE	886.41	886.11	885.81	885.50	884.93	884.34	883.45	882.35	881.04	880.86	879.53	877.82	876.07	874.32	872.57	871.36	869.07	867.32	865.76	864.60	863.83	863.46	863.47	863.87	864.66	865.84	867.42	869.38	871.30	872.84	873.98	874.73	874.76	875.08	875.00	875.21	875.26	875.34	875.42	875.34	875.03	874.78	874.65	874.44	874.27	874.14	873.90	873.82	873.52	873.49	873.15	873.02	872.77	872.74	872.40	872.39	872.02	872.03	871.65	871.67	871.34	871.02	870.90	870.70	870.52	870.15	869.77	869.84	868.41	868.31	

- LEGENDA:
- Ve; Vd - Valeta com dreno esq/dir
  - Vpe; Vpd - Vala pé de talude esq/dir
  - Vce; Vcd - Vala de crista esq/dir
  - Vbe; Vbd - Vala de bordadura esq/dir
  - Desvio para o terreno natural
  - PH - Passagem hidráulica
  - PHc - Coletores de evacuação lateral
  - Caixa de ligação

empreendimento  
REABILITAÇÃO DA ESTRADA EC 316 | EC 122 | EN 225  
TROÇO SAMBA CAJÚ | UIANGOMBE | BANGA | QUICULLUNGO

código do projectista

fase  
EXECUÇÃO

especialidade  
VIAS DE COMUNICAÇÃO - DRENAGEM

Mónico responsável  
Joana Ferreira

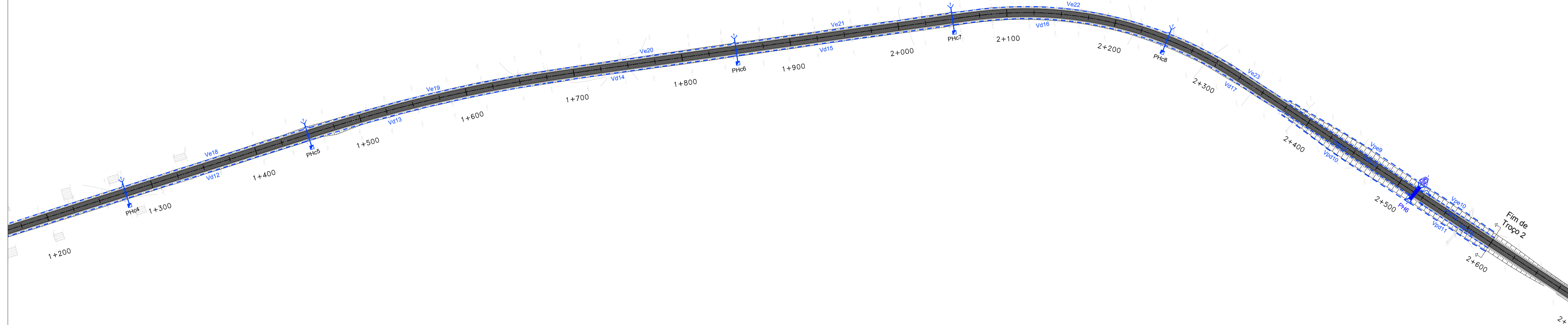
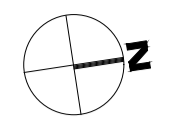
Título do desenho  
EC122 | BANGA - QUICULLUNGO  
Planta e perfil longitudinal  
km 0+300 ao km 1+300

Desenhado  
JF001

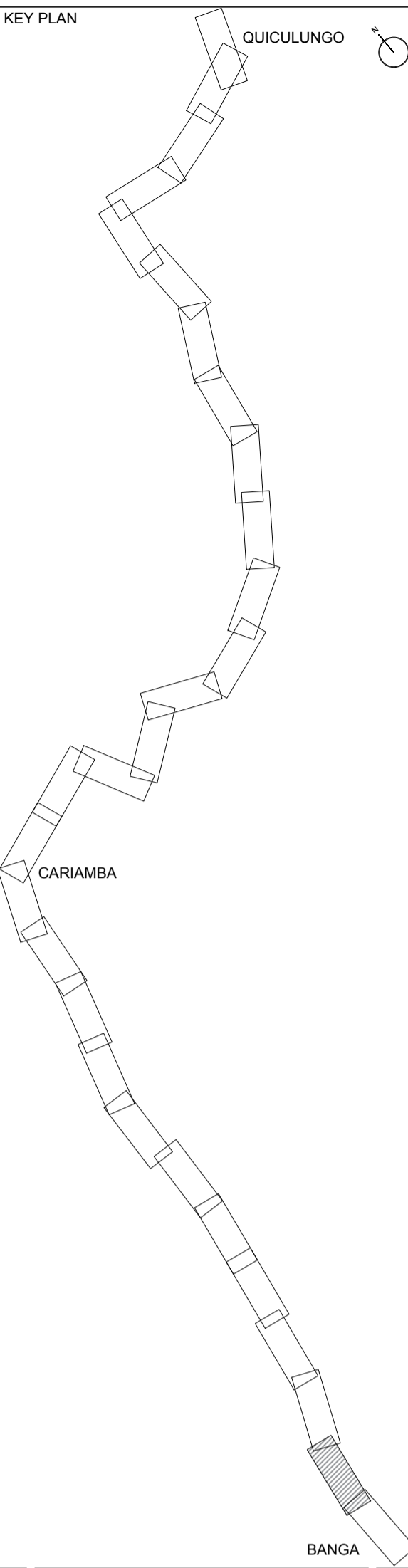
Proj. executivo  
PE.DRN-01.1006-RO

aprova  
escala  
H=1:2000  
V=1:200

TROÇO 2



QUILOMETRAGEM	1+400										1+600										1+800										2+000										2+200										2+400										2+600																																							
COTAS TERRENO	865.63	865.47	865.27	865.22	865.59	865.08	865.20	865.60	865.85	865.16	869.44	869.68	869.84	869.93	869.91	869.91	869.50	869.51	869.05	869.24	866.87	866.32	867.71	867.18	866.57	866.05	865.99	865.48	865.05	864.89	864.34	864.05	863.73	863.16	862.63	862.00	861.36	860.39	859.27	857.70	855.76	853.65	851.35	849.22	847.40	845.81	842.99	844.61	843.64	840.13	840.02	842.55	840.04	842.43	839.98	840.41	840.91	840.50	840.58																																									
COTAS RASANTE	865.67	865.38	865.18	865.05	865.00	865.03	865.13	865.32	865.58	865.90	869.23	869.55	869.85	870.03	870.08	870.01	869.82	869.50	869.05	869.24	866.55	866.05	867.55	867.05	866.55	866.05	865.55	865.05	864.55	864.05	863.55	863.05	862.55	862.05	861.36	860.39	859.13	859.27	857.59	855.76	853.65	851.33	849.22	847.40	845.81	842.99	844.61	843.64	840.13	840.02	842.55	840.04	842.43	839.98	840.41	840.91	840.50	840.58																																										
VALETA DE BORDADURA	Ve18										Ve19										Ve20										Ve21										Ve22										Ve23										Vpe9										Vpe10																													
VALETA DE BORDADURA	Vd12										Vd13										Vd14										Vd15										Vd16										Vd17										Vvb11										Vvb12										Vvb15										Vvb16									
VALETA DE BORDADURA	PHc5										PHc6										PHc7										PHc8										PH6																																																											
VALETA DE BORDADURA	PK 1+450										PK 1+850										PK 2+050										PK 2+250																																																																					



- LEGENDA:
- Ve - Valeta com dreno esq/dir/crista
  - Vpe; Vpd - Vala pé de talude esq/dir
  - Vce; Vcd - Vala de bordadura esq/dir
  - Vbe; Vbd - Vala de bordadura esq/dir
  - Desvio para o terreno natural
  - PH - Passagem hidráulica
  - PHc - Coletores de evacuação lateral
  - Caixa de ligação

empreendimento  
REABILITAÇÃO DA ESTRADA EC 316 | EC 122 | EN 225  
TROÇO SAMBA CAJUI | UIANGOMBE | BANGA | QUICULUNGO

código do projetista

tipo  
EXECUÇÃO

especialidade  
URBANISMO

técnico responsável  
Joana Ferreira

plano de desenho  
EC122 | BANGA - QUICULUNGO  
Planta e perfil longitudinal  
km 1+300 ao km 2+600

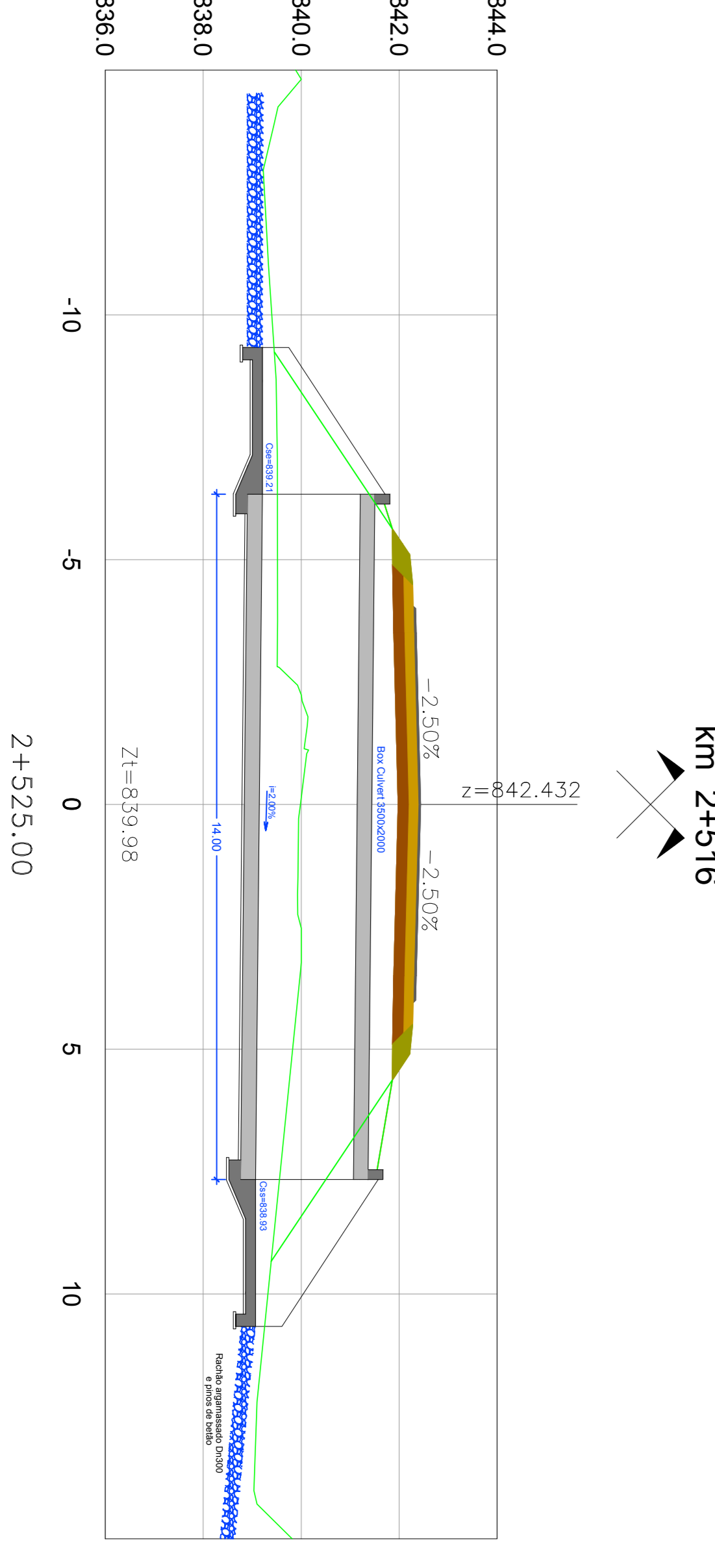
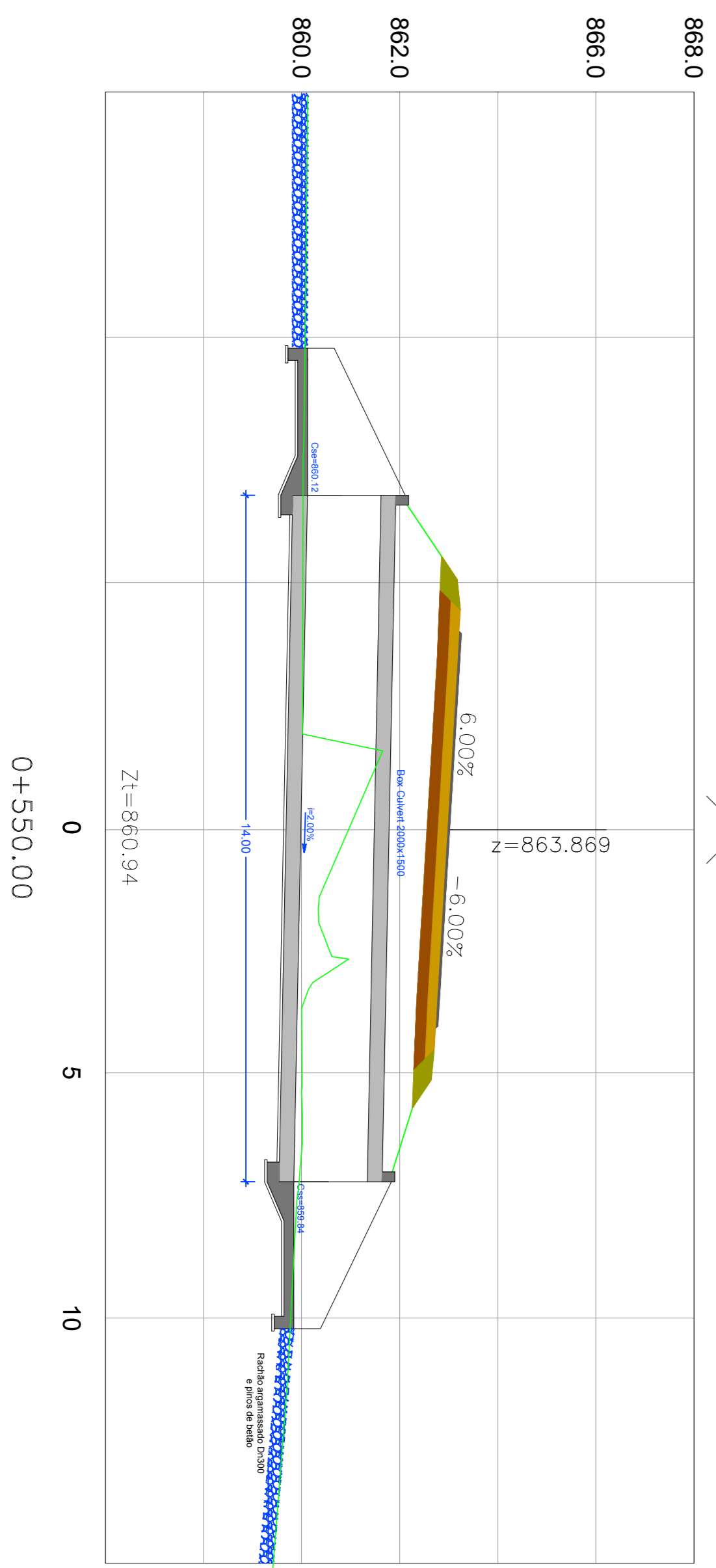
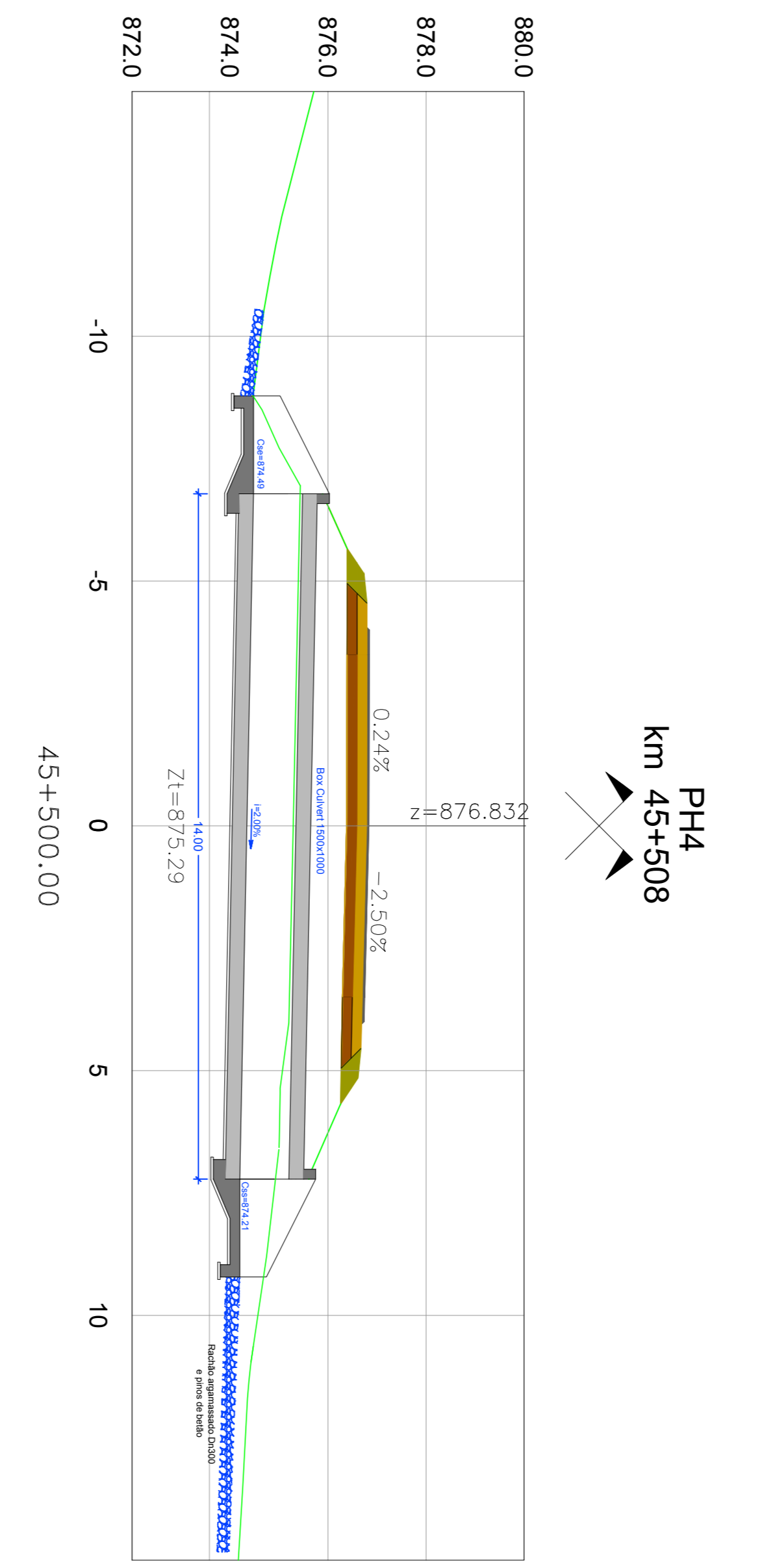
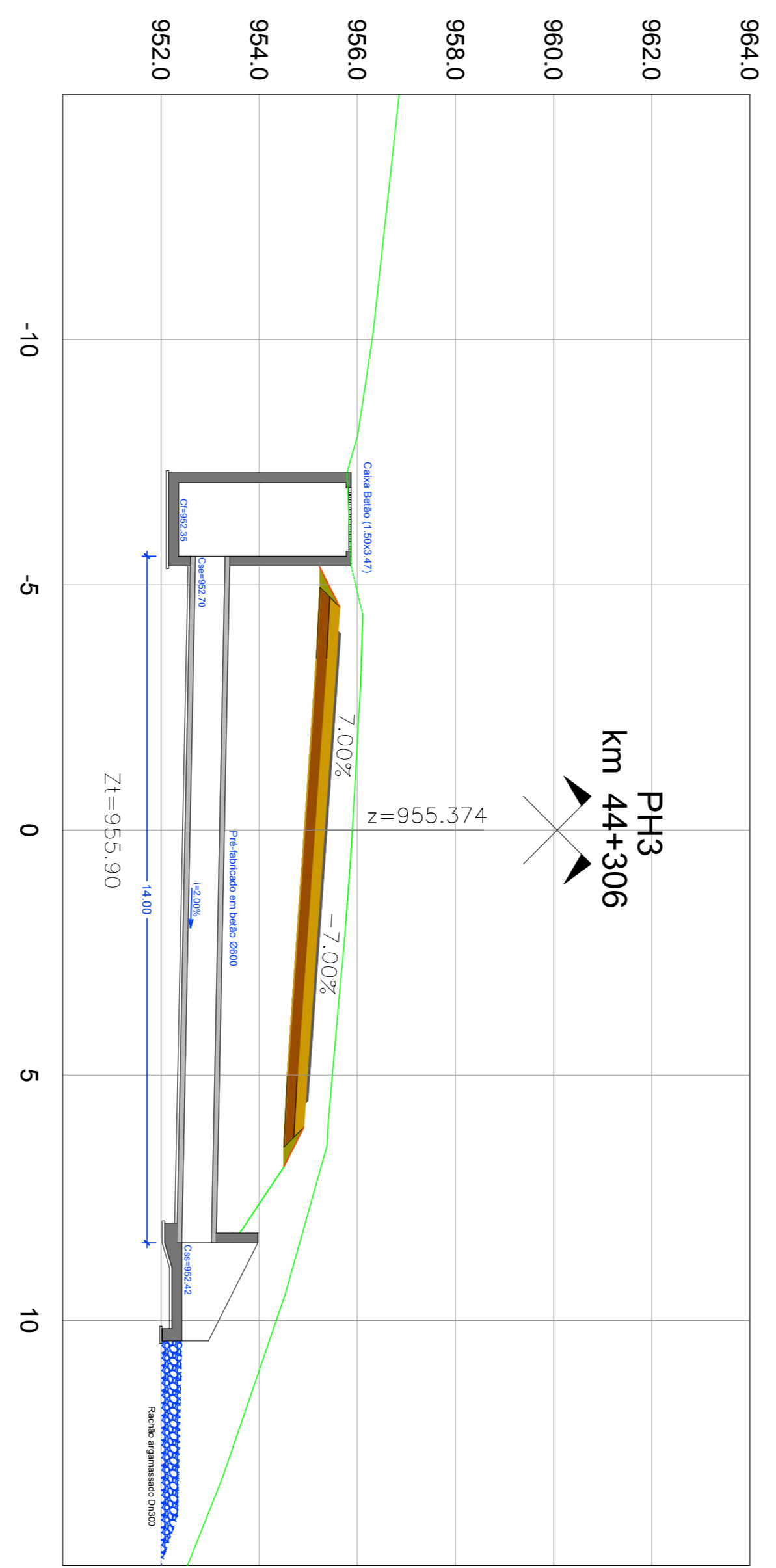
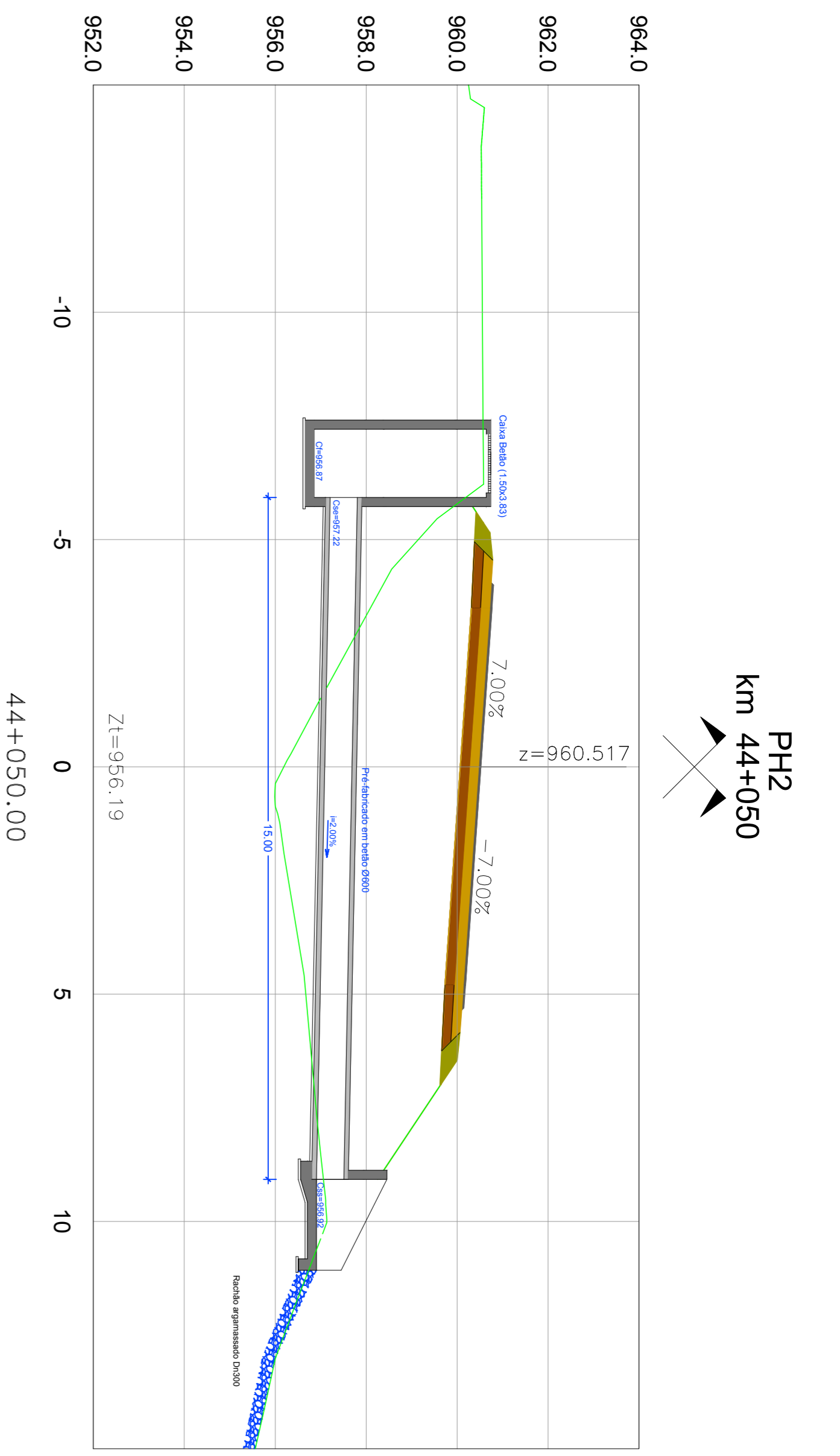
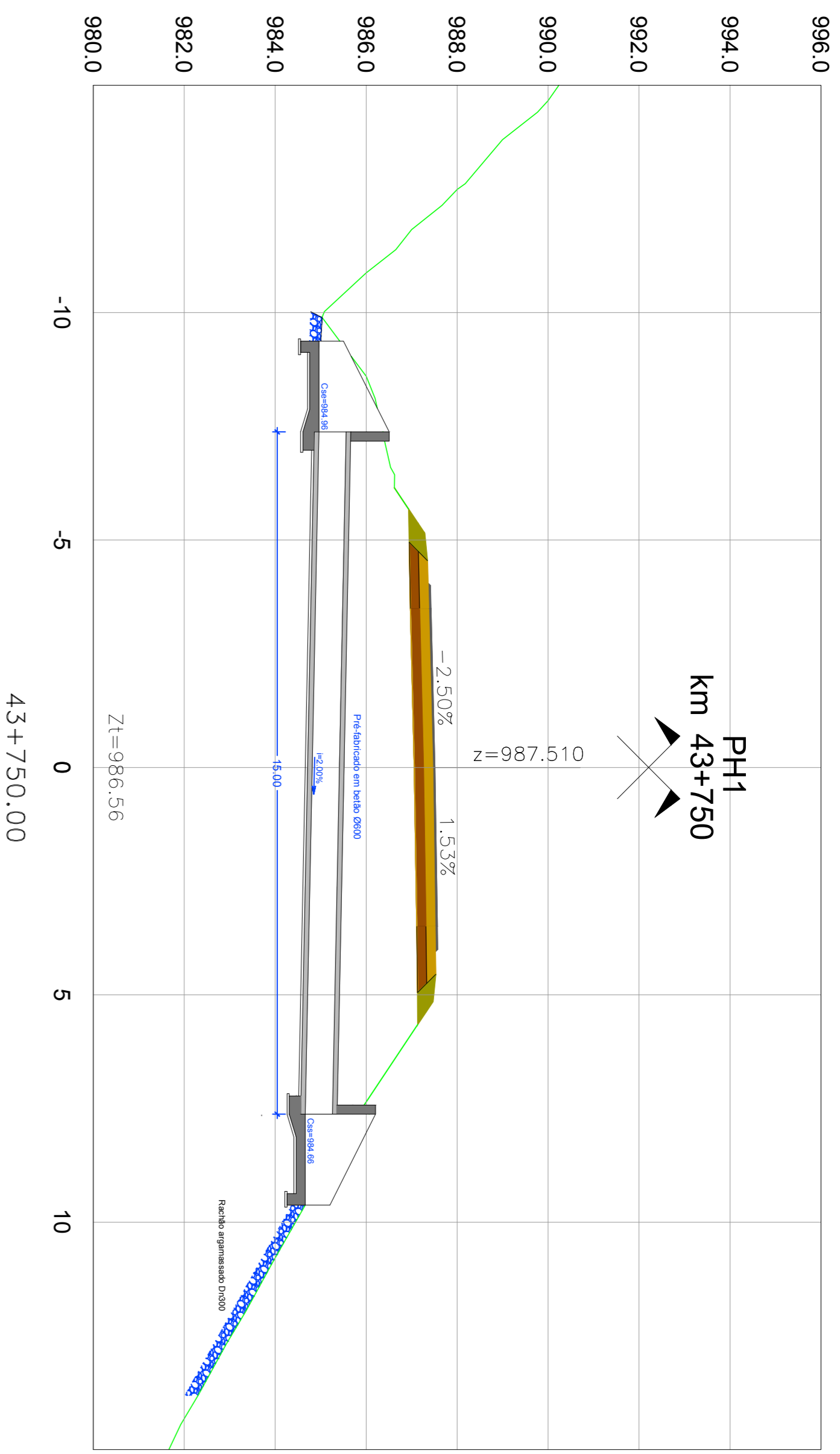
desenhista  
JFO01

aprova  
PE.DRN-01.1007-RO

escala  
H=1:2000  
V=1:200

Este desenho é propriedade de SISP - Instituto Superior de Engenharia do Porto. É encontrada protegido pelos direitos de autor e  
 o seu conteúdo, não podendo ser utilizado, reproduzido por todo ou em parte, ou comunicado a terceiros sem a expressa autorização.

A1 (841 x 594mm)





## **ANEXO III – MAPA DE TRABALHOS E QUANTIDADES**

No presente anexo apresenta-se o Mapa de Tralhos e Quantidades realizado, com base no CETO.

Salienta-se que os códigos dos artigos apresentados neste mapa, correspondem aos códigos do CETO.

Empreitada: Samba Cajú - Banga - Quiculungo, Província de Kwanza-Norte, Angola					
MAPA DE TRABALHOS E QUANTIDADES					
Código	Designação dos Trabalhos	Unid.	Quant.	Preços unit.	Totais
<b>02 DRENAGEM</b>					
Trabalhos a realizar de acordo com o projecto e satisfazendo o especificado no CETO					
<b>02.1</b>	<b>Escavação, em trabalhos realizados para garantia da continuidade do sistema de águas superficiais, incluindo remoção, reposição e compactação, condução a vazadouro dos produtos sobrantes, e eventuais indemnizações por depósito:</b>				
02.1.2	Para reperfilamento de valetas ou valas existentes, em terreno de qualquer natureza.	m	180,00		
<b>02.2</b>	<b>Execução de passagens hidráulicas de secção circular, em betão, incluindo todos os trabalhos necessários à sua implantação, nomeadamente, a escavação em terreno de qualquer natureza, a remoção, reposição e compactação, condução a vazadouro dos produtos sobrantes, e eventuais indemnizações por depósito:</b>				
<b>02.2.1</b>	<b>Com tubagens da classe I:</b>				
02.2.1.1.3	Simples com diâmetro de 0,60 m.	m	44,00		
<b>02.4</b>	<b>Execução de passagens hidráulicas de secção rectangular ou outra, em betão armado, todos os trabalhos necessários à sua implantação, nomeadamente, a escavação em terreno de qualquer natureza, a remoção, reposição e compactação, condução a vazadouro dos produtos sobrantes, e eventuais indemnizações por depósito:</b>				
02.4.1	Simples com altura inferior ou igual a 1,00 m.	m	14,00		
02.4.7	Simples com altura superior a 1,50 m e inferior ou igual a 2,50 m.	m	14,00		
<b>02.5</b>	<b>Execução de bocas em passagens hidráulicas de secção circular ou outra, incluindo todos os trabalhos necessários, e ainda, para a sua implantação, a escavação em terreno de qualquer natureza, a remoção, reposição e compactação, condução a vazadouro dos produtos sobrantes, e eventuais indemnizações por depósito:</b>				
<b>02.5.1</b>	<b>Bocas na base de aterro:</b>				
<b>02.5.1.1</b>	<b>Para passagens hidráulicas em betão:</b>				
02.5.1.1.1	Simples para diâmetro inferior ou igual a 0,60 m.	un	4,00		
02.5.1.1.2	Simples para diâmetro superior a 0,60 m e inferior ou igual a 1,00 m.	un	2,00		
02.5.1.1.4	Simples para diâmetro superior a 1,00 m e inferior ou igual a 1,50 m.	un	2,00		
02.5.1.1.7	Simples para diâmetro superior a 1,50 m e inferior ou igual a 2,50 m.	un	2,00		
<b>02.5.3</b>	<b>Bocas em escavação ou recipiente:</b>				
<b>02.5.3.2</b>	<b>Com altura superior a 2,50 m e inferior ou igual a 4,00 m:</b>				
02.5.3.2.1	Simples para diâmetro ou altura superior a 0,60 m e inferior ou igual a 1,00 m.	un	2,00		
<b>02.6</b>	<b>Execução de órgãos de drenagem longitudinal, incluindo todos os trabalhos necessários, e ainda, para a sua implantação, a escavação em terreno de qualquer natureza, a remoção, reposição e compactação, condução a vazadouro dos produtos sobrantes, e eventuais indemnizações por depósito:</b>				
<b>02.6.1</b>	<b>Valetas e valas:</b>				
<b>02.6.1.1</b>	<b>Valetas de plataforma (laterais):</b>				
02.6.1.1.5	Revestidas com betão, de secção triangular ou trapezoidal, com abertura inferior ou igual a 1,20 m.	m	6 161,45		
<b>02.6.1.3</b>	<b>Valetas de bordadura de aterros:</b>				
02.6.1.3.2	Revestidas com betão, de secção semi-circular de diâmetro igual a 0,20 m.	m	3 124,15		
<b>02.6.1.5</b>	<b>Valas de crista de talude:</b>				
02.6.1.5.4	Revestidas com betão, de secção semi-circular de diâmetro igual a 0,40 m.	m	876,00		
<b>02.6.1.6</b>	<b>Valas de pé de talude:</b>				
02.6.1.6.2	De fundo revestido com betão de secção trapezoidal de 1,20m x 0,30m	m	1 914,50		
<b>02.6.3</b>	<b>Drenos de plataforma, (longitudinais e transversais):</b>				
<b>02.6.3.1</b>	<b>Drenos de plataforma, longitudinais:</b>				
02.6.3.1.1	Drenos de rebaixamento de níveis freáticos com altura inferior ou igual a 1,20 m.	m	6 161,45		
<b>02.7</b>	<b>Execução de órgãos complementares de drenagem, incluindo todos os trabalhos necessários, e ainda, para a sua implantação, a escavação em terreno de qualquer natureza, a remoção, reposição e compactação, condução a vazadouro dos produtos sobrantes, e eventuais indemnizações por depósito:</b>				
<b>02.7.5</b>	<b>Caixas de recepção, de ligação ou de derivação:</b>				
02.7.5.1	Em valas de crista.	un	16,00		
02.7.5.4	Em valetas de bordadura de aterros.	un	27,00		
<b>02.7.6</b>	<b>Bacias de dissipação:</b>				
02.7.6.2	Em enrocamento.	un	3,00		
<b>02.9</b>	<b>Outros trabalhos:</b>				
02.9.1	PHc's, incluindo caixa de entrada e boca de saída (L ≅ 8m)	un	13,00		